



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

UBICACIÓN ÓPTIMA DE UNA BIORREFINERÍA EN LA
RIOJA Y LA RIBERA DE NAVARRA EN FUNCIÓN DE
FACTORES ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES

Diego Teribia Cano

Tutor: Javier Faulín Fajardo

Pamplona, 28 de Julio de 2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN BIORREFINERÍA	4
1.1 CONCEPTO DE BIORREFINERÍA.....	5
1.2 MATERIAS PRIMAS	7
1.2.1 BIOMASA RESIDUAL	7
1.2.2 CULTIVOS ENERGÉTICOS	8
1.3 PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA	9
1.3.1 EXTRACCIÓN DIRECTA	11
1.3.2 TRANSESTERIFICACIÓN.....	12
1.3.3 COMBUSTIÓN	14
1.3.4 GASIFICACIÓN.....	15
1.3.5 PIRÓLISIS.....	16
1.3.6 LICUEFACCIÓN HIDROTÉRMICA	16
1.3.7 FERMENTACIÓN	17
1.4 PRODUCTOS OBTENIDOS	18
1.4.1 BIOCARBURANTES Y BIOLÍQUIDOS	20
1.5 TIPOS DE BIORREFINERÍAS	42
1.5.1 BIORREFINERÍA DE MATERIAL LIGNOCELULÓSICO	43
1.5.2 BIORREFINERÍA DE MATERIAL CEREAL.....	43
1.5.3 BIORREFINERÍAS DE SEMILLAS OLEAGINOSAS	44
1.5.4 BIORREFINERÍAS VERDES.....	44
2. INTRODUCCIÓN MODELOS MATEMÁTICOS DE LOCALIZACIÓN.....	45
2.1 OPTIMIZACIÓN	46
2.2 MODELOS DE OPTIMIZACIÓN	48
2.2.1 MODELO Y MODELADO.....	48
2.2.2 ETAPAS DE DESARROLLO DE UN MODELO.....	49
3. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	51
4. RECOPIACIÓN Y PRESENTACIÓN DE DATOS	53
4.1 CULTIVOS/MUNICIPIOS.....	54
4.1.1 CULTIVOS EN LA RIBERA DE NAVARRA Y LA RIBERA ESTELLESA	55
4.1.2 CULTIVOS EN LA RIOJA	61
4.2 POTENCIALES LOCALIZACIONES	67
4.2.1 POLÍGONOS INDUSTRIALES EN NAVARRA.....	68

4.2.2 POLÍGONOS INDUSTRIALES EN LA RIOJA	70
4.3 DISTANCIAS ENTRE CULTIVOS Y POLÍGONOS.....	72
5. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	73
5.1 ESPECIFICACIÓN MATEMÁTICA Y FORMULACIÓN	74
5.1.1 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN MINIMIZANDO COSTES DE MATERIA PRIMA Y TRANSPORTE	75
5.1.2 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN MINIMIZANDO KM DE TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS	86
6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	90
6.1 ANÁLISIS VARIACIÓN DEMANDA.....	91
6.2 ANÁLISIS VARIACIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS CULTIVOS.....	95
6.2.1 ANÁLISIS VARIACIÓN PRECIO CEREALES DE INVIERNO	95
6.2.2 ANÁLISIS VARIACIÓN PRECIO MAÍZ.....	97
6.2.3 ANÁLISIS VARIACIÓN PRECIO ALFALFA	99
6.3 ANÁLISIS VARIACIÓN PRECIO TRANSPORTE.....	103
7. CONCLUSIONES	105
8. BIBLIOGRAFÍA	111
9. ANEXOS	114
9.1 MATRIZ DISTANCIAS CULTIVOS – POLÍGONOS.....	115
9.2 COORDENADAS GEOGRÁFICAS CULTIVOS DE LA RIBERA DE NAVARRA Y RIBERA ESTELLESA.....	130
9.3 COORDENADAS GEOGRÁFICAS CULTIVOS DE LA RIOJA	132

1. INTRODUCCIÓN

BIORREFINERÍA

1.1 CONCEPTO DE BIORREFINERÍA

En sentido amplio, la biorrefinería se define como aquella instalación en la que se emplea biomasa para la producción de diversos productos (sustancias químicas, combustibles y materiales).

La biomasa fue la principal fuente de energía hasta el siglo XIX, sin embargo, el uso de este combustible con la revolución industrial fue menguando progresivamente comenzando la era de los combustibles fósiles. Hoy en día, el aumento de su precio, los problemas medioambientales ocasionados por su uso y sus reservas limitadas, ha hecho iniciar una nueva actividad económica más sostenible emergiendo así una economía basada en la biomasa.

La producción de bio-productos es un mercado en constante expansión con aplicaciones en la industria farmacéutica, química, papelera y alimentaria, pero precisa aún de un desarrollo tecnológico que permita obtener estos productos a un coste menor y de una manera más eficiente.

Íntimamente ligado a este mercado, se encuentra el concepto de biorrefinería, término que engloba la integración de procesos y tecnologías para un uso eficaz de las materias primas y así lograr instalaciones que operen de una manera sostenible con el medio ambiente. Además, el concepto de biorrefinería integrada lleva asociado métodos complejos de conversión, tanto bioquímicos como termoquímicos, para la obtención de un amplio rango de productos. Estos procesos de conversión tendrán una mayor eficiencia energética, aumentando la sostenibilidad del proceso global.

Dado que el término de biorrefinería engloba diversos sectores industriales (transporte, químico, energético, agrícola y forestal) resulta complicado establecer una única definición. A continuación se enumeran las principales definiciones proporcionadas por diferentes organizaciones implicadas en este sector:

- La Agencia Internacional de la Energía (Internacional Energy Agency, IEA1) define la biorrefinería como la instalación donde se generan, de forma sostenible, un amplio espectro de productos de interés comercial a partir de la biomasa.
- El Laboratorio Nacional de Energías Renovables de Estados Unidos (National Renewable Energy Laboratory, NREL2), propone una definición de biorrefinería análoga a las refinerías de petróleo: instalaciones con el equipamiento necesario para integrar los procesos de conversión de biomasa en combustibles, energía y coproductos de valor añadido.
- El Departamento de Energía de Estados Unidos (Department of Energy of United States, US-DOE3) define la biorrefinería como una planta de procesamiento en la que se emplea biomasa como materia prima para la extracción y/o conversión en diversos productos.
- El Instituto de Bioeconomía (Bioeconomy Institute, BEI4) de la Universidad de Iowa, define las biorrefinerías como instalaciones integradas en las que se emplea la biomasa como materia prima para la producción de una amplia gama de productos.
- El Centro de Investigación Energética de los Países Bajos (Energy Research Center of the Netherlands, ECN5) define la biorrefinería como instalaciones donde tiene lugar el fraccionamiento de la biomasa en diferentes componentes, que pueden dirigirse al

mercado directamente o ser transformados previamente mediante diferentes tratamientos (biológicos, termoquímicos).

- El Centro Nacional de Cultivos no Alimentarios de Reino Unido (Nacional Non-Food Crop Centre, NNFC6) la define como un emplazamiento en el que se produce el refino de la biomasa en diversas moléculas y materiales. Los procesos de conversión implicados pueden ser biológicos o termoquímicos, o una mezcla de ambos.

Este conjunto de “bioindustrias” o industrias basadas en la biomasa, comparten el mismo planteamiento, eficiencia y capacidad de producción de las industrias petroquímica y química (refinería), donde se produce energía, electricidad, combustibles, sustancias químicas y materiales, mediante diferentes procesos y tecnologías. A pesar del enfoque análogo al de la industria petroquímica, la heterogeneidad de la biomasa y las numerosas posibilidades de conversión de la misma, multiplican los posibles esquemas de operación que pueden desarrollarse en una biorrefinería. Esta amplia variedad hace difícil establecer una clasificación, aunque la más extendida se basa en el grado de integración y optimización del aprovechamiento de la biomasa. Según este criterio, las biorrefinerías podrían catalogarse en primera, segunda y tercera generación.

La Unión Europea depende enormemente de recursos de energía importados, especialmente del petróleo, que es uno de los combustibles fósiles que más contribuyen al incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

El transporte es uno de los principales sectores consumidores de energía, en España su dependencia de los productos petrolíferos es del 95% y es responsable de aproximadamente el 67% de la demanda final de petróleo de la Unión Europea.

Si no se toman medidas, la dependencia de la UE del petróleo importado podría aumentar hasta el 90% en 2020 y Europa será incapaz de lograr el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 20% para 2020. En este contexto, encontrar fuentes de energía alternativas para el transporte se antoja fundamental para desviar la demanda del petróleo hacia otras fuentes endógenas menos contaminantes.

Los biocarburantes líquidos se consideran una alternativa prometedora a corto y medio plazo a los combustibles fósiles de automoción convencionales, porque requieren poca o ninguna modificación de las tecnologías actuales de motores y combustibles. Por tanto, fomentar la utilización de los biocarburantes en el transporte por carretera se ha convertido en una prioridad de las políticas energéticas de la UE para el transporte.

La unión europea lleva a cabo una política de fomento de los biocarburantes que se ve reflejada principalmente en los diferentes objetivos indicativos de su consumo, que comienzan con el 2% en 2005 y alcanzan el 5,75 % en 2010, para terminar en 2020 con el 10% de cuota renovable en el transporte mediante la directiva 28/2009 del Consejo de la Unión Europea para el fomento de las energías renovables.

1.2 MATERIAS PRIMAS

Las materias primas que pueden ser utilizadas en una biorrefinería provienen normalmente de cuatro sectores diferentes:

- Sector Agrícola: cultivos energéticos y residuos agrícolas.
- Sector Forestal: madera, cultivos energéticos y residuos de la industria de la madera.
- Sector Industrial: subproductos/residuos de los procesos industriales.
- Actividades domésticas: residuos orgánicos.
- Acuicultura: algas.

En general, la biomasa está constituida por un 95% de carbohidratos, lignina, grasas y proteínas; el otro 5% lo forman las vitaminas, colorantes, aromatizantes y otras pequeñas moléculas, los cuales pueden obtenerse a través de diferentes rutas de transformación, extracción y/o fraccionamiento, algunas de las cuales aún se encuentran en fase de investigación.

Además, alrededor del 85% de los productos químicos pueden elaborarse a partir de únicamente 20 productos químicos base ("building blocks"). Es por ello que es posible generar productos químicos tanto de la biomasa como del petróleo ya que ambos presentan composiciones químicas parecidas.

1.2.1 BIOMASA RESIDUAL

La biomasa de origen residual es la que se genera en las actividades de producción y transformación en los sectores agrícola, forestal e industrial. Estos materiales son considerados residuos puesto que carecen de valor económico en el contexto en el que se generan, ya sea en las actividades desarrolladas dentro del sector primario (residuos agrícolas, ganaderos y forestales), secundario (residuos que se generan en las industrias transformadoras de las materias primas primarias) o terciario (residuos producidos por el consumo humano, como la fracción orgánica de los residuos urbanos, aguas residuales y aceites de fritura).

Sector	Actividad	Residuos
Primario	Agraria	Forestales Agrícolas Ganaderos
Secundario	Transformación	Industriales
Terciario	Urbana (consumo)	Residuos sólidos urbanos (fracción orgánica) Aguas residuales (lodos) Aceites de fritura

Tabla 1. Clases de residuos por sectores económicos

1.2.2 CULTIVOS ENERGÉTICOS

Los cultivos energéticos son cultivos específicos dedicados exclusivamente a la producción de energía. En ocasiones las especies empleadas coinciden con las tradicionalmente destinadas a la producción forestal y agrícola pero, en general, se producen en condiciones de cultivo muy distintas. Los cultivos energéticos tienen como características principales una gran productividad, robustez, resistencia a factores ambientales adversos (sequía, enfermedades, adaptación a terrenos marginales) y capacidad de rebrote.

Existe la posibilidad de modificar genéticamente los cultivos para mejorar la productividad e incrementar su interés comercial. A pesar de la controversia existente en torno al empleo de organismos modificados genéticamente (OMG), su aplicación en cultivos energéticos implicaría un marco legislativo menos restrictivo que el que existe actualmente en el caso de cultivos de uso alimentario. Se estima que de las 114,3 millones de hectáreas agrobiotecnológicas cultivadas en el mundo el pasado 2007, alrededor del 9% se destinaron a la producción de biocombustibles¹². El 90% se encuentra en Estados Unidos (mayoritariamente maíz transgénico). A distancia le siguen Brasil y Canadá en los que se producen respectivamente soja y canola para la producción de biodiésel.

Según su aprovechamiento final, los cultivos pueden clasificarse en alcoholígenos, oleaginosos, plantas productoras de terpenos y caucho, y lignocelulósicos. También se han incluido en esta sección las hierbas y pastos, destinadas a la alimentación animal, y los cultivos acuáticos de algas.

1.2.2.1 CULTIVOS ALCOHOLÍGENOS

Son cultivos destinados a la producción de bioetanol a partir de procesos de fermentación de azúcares. Dentro de este conjunto se incluyen:

Cultivos de biomasa azucarada, constituida por un elevado contenido en azúcares solubles, en forma de monosacáridos (glucosa, fructosa) en pulpa de frutas o disacáridos como la sacarosa presente en la remolacha, el sorgo dulce y la caña de azúcar.

Cultivos de biomasa amilácea, en cuya composición predominan los polisacáridos de reserva como el almidón (polímero de glucosa) o inulina (polímero de glucosa y fructosa). Los granos de cereal y de tubérculos de patata constituyen una abundante fuente de almidón. La inulina está presente en tubérculos de patata y rizomas de achicoria y dalia.

1.2.2.2 CULTIVOS OLEAGINOSOS

Son aquellos cuyas semillas contienen aceites vegetales que pueden emplearse como combustible en motores. Son ejemplos de este tipo de biomasa: la colza, el girasol y la soja.

1.2.2.3 CULTIVOS LIGNOCELULÓSICOS

Son aquellos cuyos componentes mayoritarios son polisacáridos de elevado peso molecular, la celulosa y hemicelulosa, y una macromolécula fenólica, la lignina. Se emplean en la producción de biocombustibles sólidos con fines térmicos y/o eléctricos y para la producción de los denominados biocombustibles de segunda generación. Los cultivos lignocelulósicos pueden ser tanto herbáceos como leñosos.

1.2.2.4 PLANTAS PRODUCTORAS DE TERPENOS Y CAUCHO

Algunas plantas como las coníferas, transforman los hidratos de carbono en lípidos distintos de los glicéridos, como los terpenos (lípidos insaponificables presentes principalmente en los aceites volátiles y las resinas vegetales). Pueden ser utilizados directamente como carburantes, o bien emplearse como producto químico base en la industria química.

1.2.2.5 CULTIVOS ACUÁTICOS

La biomasa procedente de las algas también constituye una fuente de triglicéridos, carbohidratos y lignina. Las algas también son la fuente de la que se extraen tres coloides muy importantes en diversos sectores, como el agar, los alginatos y el carragenato.

Su producción presenta una serie de ventajas respecto a la biomasa vegetal terrestre ya que no compete con productos destinados al mercado alimentario y no requiere grandes superficies de terreno. Las microalgas son organismos fotosintéticos extraordinariamente eficientes y con elevada productividad, por lo que se considera que en el futuro pueden ser una fuente importante de biomasa. No obstante, los sistemas de producción de algas requieren grandes inversiones, y todavía se necesita una intensa investigación para que pueda llegar a comercializarse esta tecnología.

1.3 PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA

La heterogeneidad es la característica fundamental de la biomasa. Esta heterogeneidad hace imposible abordar la producción de energía a partir de biomasa desde una única perspectiva, ya que para su utilización energética existen tantas combinaciones como tipos de biomasa y procesos de conversión.

En cualquier proceso de producción de energía y productos de valor añadido a partir de biomasa, deben considerarse las fases previas a su transformación, entre las que se incluyen la recolección, el transporte y el almacenaje. Para determinar qué tipo de proceso de transformación es más adecuado para cada tipo de biomasa, esta debe caracterizarse previamente mediante la determinación de humedad, tamaño y forma de partícula, composición química (contenido en carbohidratos, lignina, volátiles, cenizas) y poder calorífico.

Se puede realizar una clasificación como realiza María del Prado García, en “Biorrefinerías, situación actual y perspectivas de futuro”.

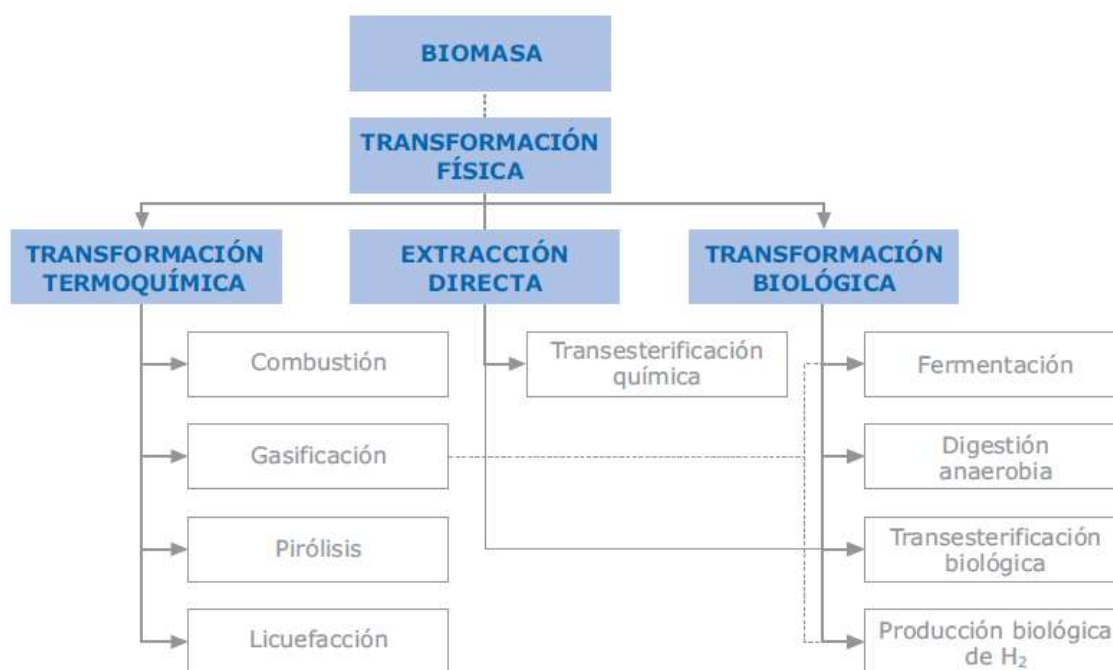


Figura 1. Procesos de transformación de biomasa

En la mayoría de los casos, es necesaria una etapa de transformación física o mecánica para reducir mediante molienda la granulometría de la biomasa y facilitar su homogeneización. Algunos productos, incluidos determinados biocombustibles, pueden obtenerse directamente de la biomasa mediante un proceso de extracción. Una vez extraídas las sustancias de interés, la biomasa normalmente se somete a transformaciones posteriores mediante diferentes procedimientos que, en términos generales, se agrupan en procesos termoquímicos y biológicos.

Los procesos de transformación termoquímicos consisten en la descomposición de la biomasa en sus componentes elementales, mediante la acción de elevadas temperaturas en condiciones variables de oxidación. Los procesos termoquímicos pueden dividirse en tres categorías: combustión, cuando el calentamiento de la biomasa se produce en exceso de aire; gasificación, cuando la biomasa se calienta con cantidades limitadas de comburente (aire, oxígeno, vapor de agua y/u oxígeno, hidrógeno) y pirólisis, en los que el calentamiento de la biomasa tiene lugar en ausencia de aire.

Los procesos de transformación biológicos son aquellos mediados por microorganismos, bien presentes en la propia biomasa, o bien añadidos externamente durante el proceso. Aunque ha sido el proceso de fermentación alcohólica, para la obtención de etanol-combustible, el que ha originado el concepto de biorrefinería, mediante fermentación de la biomasa pueden generarse gran diversidad de compuestos bioderivados (butanol, ácido láctico, ácido acético, glicerina, etc.). También se incluyen dentro de los procesos de transformación biológica la digestión anaerobia para la obtención de metano (biogás), la transesterificación mediada por microorganismos para la producción de microdiésel y la producción biológica de hidrógeno.

El desarrollo de las biorrefinerías proporcionará avances en estas tecnologías y el desarrollo de nuevos procesos de transformación como el reformado de los azúcares, la vitrificación y procesos de obtención de fibras, lo que permitirá ampliar el conjunto de productos que pueden obtenerse.

1.3.1 EXTRACCIÓN DIRECTA

La primera operación que se realiza en las biorrefinerías es un proceso de extracción de sustancias químicas de alto valor presentes en la biomasa. Mediante extracción pueden obtenerse, dependiendo de la biomasa utilizada, fragancias, sustancias aromatizantes, colorantes, condimentos y sustancias farmacológicas, nutracéuticos, aceites, polifenoles e hidrocarburos. También puede obtenerse un residuo rico en proteínas que puede emplearse en alimentación animal.

Dependiendo de la materia prima varía tanto el tratamiento previo al que hay que someter a la biomasa como los disolventes empleados en la extracción y las fracciones obtenidas al final del proceso. En general, las plantas una vez secas, se muelen para disminuir el tamaño de partícula y se someten a un proceso de extracción mediante disolventes (acetona, hexano y benceno) en varias etapas, aunque se han desarrollado procesos de extracción avanzados que se realizan en una única etapa.

En estos procesos se emplean solventes y microondas que facilitan la difusión del agua y los solventes empleados, logrando reducir aún más el tiempo de proceso. También existe interés en el desarrollo de nuevos métodos de extracción que empleen solventes adaptados a cada sustancia, como los fluidos supercríticos. En los últimos años, la tecnología de fluidos supercríticos se está aplicando con éxito en los procesos extractivos, puesto que presenta ventajas frente a los procesos convencionales: temperaturas más suaves, con el consecuente ahorro energético, alta selectividad y ausencia de emisiones y generación de residuos peligrosos.

La aplicación más extendida en las actuales biorrefinerías es la extracción lipídica, mediante la que pueden extraerse de determinadas biomásas (semillas de cultivos oleaginosos, plantas productoras de terpeno y caucho) moléculas como terpenos, ésteres y triglicéridos. Los cultivos de algas también son sometidos a un proceso de extracción. La empresa International Energy, Inc. ha desarrollado un sistema de extracción de aceite de algas en continuo. Una vez extraído

el aceite, las algas vuelven a crecer y acumular triglicéridos con la reducción de tiempo y costes asociados²¹.

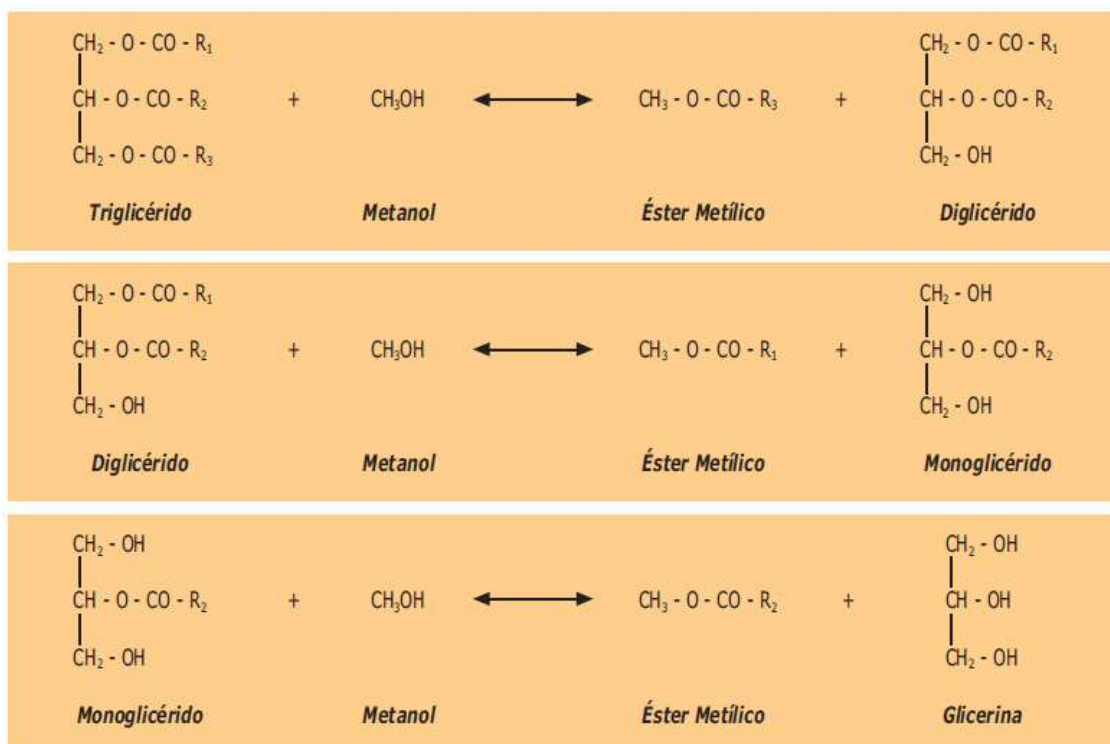
En otros procesos que emplean biomasa lignocelulósica como materia prima, como el pulpeo kraft o aquellos basados en fermentación, se genera un residuo rico en lignina del que pueden extraerse compuestos de alto valor industrial, como la vainillina.

1.3.2 TRANSESTERIFICACIÓN

Los aceites vegetales extraídos a partir de las semillas oleaginosas pueden emplearse como combustible mezclado con gasóleo en baja proporción, o directamente en motores adaptados. Los aceites requieren de un acondicionamiento previo a su utilización, que consiste en una etapa de desengomado y filtración. Los ácidos grasos poliinsaturados presentan una elevada tendencia a polimerizar originando gomas que, puesto que no se queman totalmente, generan depósitos carbonados y espesamiento del aceite lubricante, que pueden causar problemas en los motores. A este inconveniente se suma la propia naturaleza viscosa de los aceites, que dificulta el bombeo del carburante. Para reducir los problemas que causa en el motor el uso directo de los aceites vegetales se recurre a transformarlos químicamente mediante un proceso de transesterificación, originando un combustible denominado biodiésel, de características físico-químicas y energéticas más similares al gasóleo de automoción.

La biomasa oleaginosa como las semillas de girasol, colza y carinata constituyen materias primas potenciales en España. Los aceites usados, como los aceites de fritura, constituyen una materia prima muy barata, además de que su empleo contribuye a la eliminación de este tipo de residuos. Las grasas animales son otra alternativa posible, aunque cada vez es mayor el interés en otras fuentes como los aceites obtenidos mediante procesos microbianos y las microalgas.

La transesterificación es una reacción de alcoholisis en la que se produce el intercambio del grupo alcoxi de un éster por otro alcohol. En la transesterificación, los triglicéridos reaccionan con alcoholes de cadena corta (etanol, metanol, propanol, butanol, alcohol amílico) para generar ésteres. El alcohol más empleado en la industria es el metanol debido a su bajo coste.



La reacción de transesterificación puede llevarse a cabo mediante múltiples catalizadores: catalizadores homogéneos ácidos o básicos, catalizadores heterogéneos, biocatalizadores o empleando alcoholes en estado supercrítico.

La reacción de transesterificación generalmente se realiza en presencia de un catalizador básico (hidróxidos de sodio o potasio), aunque también pueden emplearse catalizadores ácidos (ácidos sulfúrico y clorhídrico). En España prácticamente la totalidad de las plantas de producción de biodiésel comercial emplean la transesterificación química en presencia de metanol y catalizadores básicos.

Una de las principales restricciones que presenta este tipo de procesos es la formación de jabones en presencia de agua y ácidos grasos libres, que se reduce aplicando una etapa previa de saponificación.

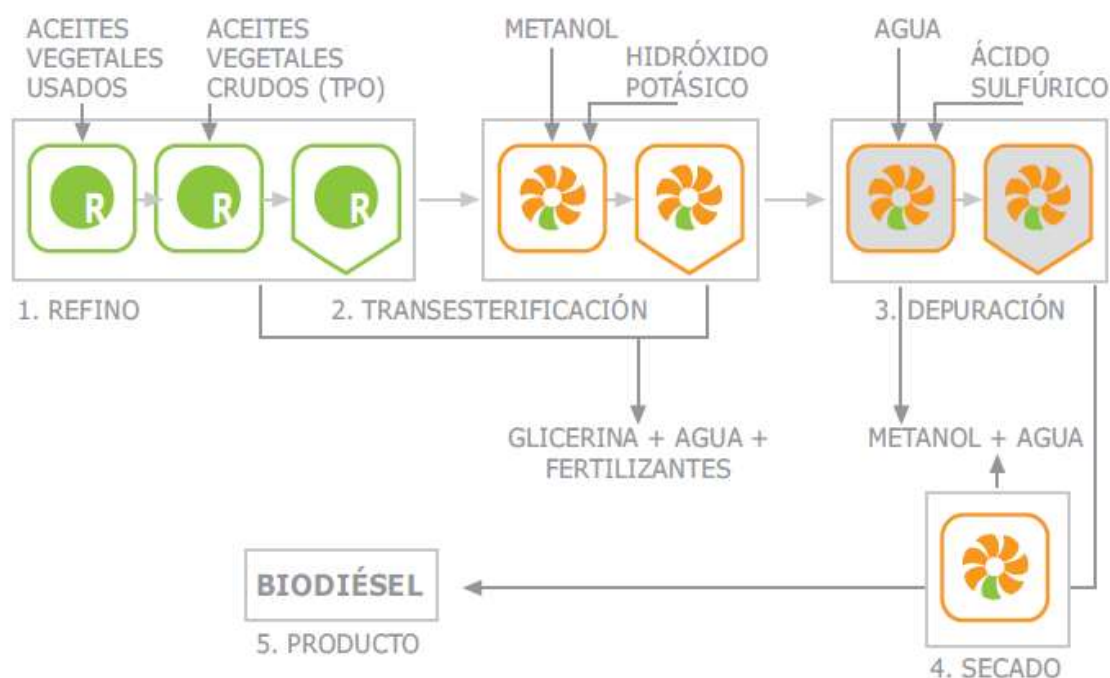


Figura 2. Proceso de transesterificación

Los ésteres metílicos de ácidos grasos son separados del alcohol no reaccionante y de la glicerina, tras lo cual se someten a una etapa de purificación. El producto obtenido, biodiésel, se envía a tanques de almacenamiento como producto terminado.

1.3.3 COMBUSTIÓN

La combustión es la forma más directa de aprovechamiento energético de la biomasa. Se genera calor como producto principal que puede emplearse directamente (fines domésticos: cocción, calefacción; fines industriales: calor de procesos, generación de energía eléctrica o mecánica, etc.) o utilizarse para generar energía eléctrica mediante un ciclo de vapor convencional. La biomasa lignocelulósica con un bajo contenido en humedad es la más apropiada para la aplicación de la combustión con fines energéticos. El poder calorífico de la biomasa depende de varios factores (contenido en fibra, resina y humedad). En el caso de las maderas con un alto contenido en resina, como por ejemplo el pino y el abeto, puede alcanzar valores en torno a los 20 MJ/kg.

Dado que el calor es el único componente energético útil del proceso, la combustión en sí misma no se ajusta al concepto de biorrefinería (obtención de una amplia gama de productos). Ahora bien, la combustión puede emplearse para generar la energía necesaria para los procesos de una biorrefinería ya sea utilizando la materia prima de partida o los efluentes generados en otros procesos de conversión.

1.3.4 GASIFICACIÓN

La gasificación consiste en un proceso de oxidación parcial a elevada temperatura (entre 800 y 1.500 °C) mediante el cual la biomasa (materiales lignocelulósicos y leñas negras procedentes de la industria papelera) reacciona con cantidades limitadas de comburente (entre el 10 y 50% del necesario para la combustión) originando un producto gaseoso formado por diferentes proporciones de los siguientes gases: CO, H₂, CO₂, CH₄ y N₂. La composición química de la materia prima influye en la composición del producto gaseoso. Por norma general, es recomendable que la biomasa empleada tenga una relación C/N elevada, un bajo contenido en azufre y un contenido en humedad inferior al 40%.

El comburente empleado puede ser aire, oxígeno, vapor de agua y/u oxígeno, e hidrógeno. Cuando la reacción se realiza con aire como oxidante, genera una mezcla gaseosa con una mayor proporción de N₂, denominado gas pobre o gas de gasógeno.

Este gas presenta un poder calorífico bajo, entre 2,5 y 8 MJ/Nm³, por lo que es generalmente empleado en combustión para la producción de calor, aunque se están desarrollando microturbinas capaces de generar electricidad a partir de gases con bajo poder calorífico.

Si la gasificación se realiza con oxígeno, el gas producido contiene CO e H₂ como combustibles principales, mezclados con CO₂, lo cual origina un gas, denominado gas de síntesis, con poder calorífico medio, entre 10 y 20 MJ/Nm³.

Otro tipo de proceso de gasificación es la hidrogasificación, en la cual la biomasa seca se hace reaccionar con H₂, generando como producto un gas con alto contenido en metano, pequeñas cantidades de etano y otros gases. Tras retirar el CO₂, el gas resultante presenta un poder calorífico superior al del gas natural.

El proceso se realiza en reactores de gasificación, cuyo diseño influye en la proporción relativa de cada uno de los gases y contaminantes generados y, por tanto, en la posterior aplicación. Básicamente los gasificadores pueden agruparse en tres tipos principales:

1. Lecho móvil a contracorriente (“updraft gasifier”), donde la biomasa y el agente gasificante presentan trayectorias opuestas. A pesar de la eficiencia térmica de este gasificador, presenta limitaciones como la formación de gran cantidad de alquitranes, por lo que la etapa de acondicionamiento de gas posterior encarece mucho el proceso de gasificación.
2. Lecho móvil de corrientes paralelas (“downdraft gasifier”), en los que sólido y gas se mueven en el mismo sentido. En este tipo de gasificador, se reduce la formación de alquitranes respecto al anterior, pero precisa que la biomasa contenga una humedad inferior al 20%, con el consecuente consumo en la etapa de secado.
3. Lecho fluidizado, en los que el sólido es mantenido en suspensión por medio del agente gasificante. El rendimiento en este tipo de gasificador es elevado, además de que admite un mayor porcentaje de humedad de la materia prima de partida.

1.3.5 PIRÓLISIS

La pirólisis es un proceso de descomposición térmica de la biomasa en ausencia de oxígeno en líquidos, gases y carbón vegetal, mediante oxidación parcial y controlada.

Las cantidades de los diferentes productos dependen de la biomasa a tratar y de los parámetros de operación del equipo. Tiempos de residencia largos y bajas temperaturas (300-500 °C) favorecen la formación de carbón vegetal. Sin embargo, en la denominada pirólisis rápida (tiempos inferiores a 1 segundo y temperaturas cercanas a los 1.000 °C) puede obtenerse un combustible líquido denominado bioaceite, que denominamos aceite de pirólisis para evitar confusiones con el biodiésel obtenido por transesterificación.

La biomasa lignocelulósica (residuos agrícolas y forestales) es la más apropiada para este proceso de transformación, aunque también pueden utilizarse otras materias primas como los residuos sólidos urbanos.

Los productos obtenidos en el proceso de pirólisis:

1. Carbón vegetal, residuo sólido carbonoso que contiene carbones, alquitranes y cenizas. Este carbón, de menor contenido en azufre que el de origen fósil, puede emplearse directamente como combustible, con un poder calorífico entre los 25 y 30 MJ/kg, o bien destinarse a la producción de carbón activo. También el carbón puede disolverse en sal fundida, para utilizarse como materia prima en el cátodo de las pilas de combustible para producir electricidad con una mayor eficiencia energética que las pilas de combustible tradicionales⁷³.
2. Un gas compuesto por hidrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos gaseosos como el metano, mezclados con gran cantidad de dióxido de carbono. El poder calorífico de este gas oscila entre 8 y 15 MJ/Nm³, aunque puede alcanzar valores de hasta 20,9 MJ/Nm³ aplicando la tecnología de pirólisis rápida. Este gas puede reciclarse para su empleo en la generación de calor del proceso.
3. Un combustible líquido o aceite de pirólisis, líquido complejo que se forma por condensación de los vapores de pirólisis que contienen principalmente hidrocarburos oxigenados con un poder calorífico del orden de 25 MJ/kg.

1.3.6 LICUEFACCIÓN HIDROTÉRMICA

Este proceso convierte la biomasa, diluida previamente, en hidrocarburos y subproductos mediante la aplicación de altas presiones y temperaturas. En un principio cualquier tipo de biomasa (sin restricciones en cuanto a su humedad) es apta para la aplicación de este proceso de transformación. Se han desarrollado experiencias a pequeña escala sobre residuos urbanos, residuos agrícolas, pecuarios y forestales.

La licuefacción hidrotérmica consiste en la hidrogenación indirecta de la biomasa. Puede considerarse una variante de la pirólisis, en el sentido de que no emplea oxígeno como comburente, pero es realizada mediante un gas reductor (CO, H o una mezcla de ambos), en presencia de catalizadores en solución acuosa, a alta presión (100-200 atmósferas) y

temperatura (300-500 °C). Durante la reacción se produce la rotura de las moléculas de celulosa y lignina, que pierden átomos de oxígeno e incorporan átomos de hidrógeno. El producto obtenido es una mezcla de hidrocarburos que al enfriarse se condensan en un líquido, combustible con un poder calorífico en torno a los 33,5 MJ/kg compuesto por una mezcla de hidrocarburos oxigenados y muy similar al residuo obtenido por destilación del petróleo. Este líquido se denomina “bioaceite de licuefacción”.

1.3.7 FERMENTACIÓN

La fermentación es un proceso biológico mediante el cual los azúcares monoméricos o aminoácidos se rompen en sustancias de menor peso molecular tales como los ácidos orgánicos y solventes neutros como el etanol. La fermentación puede llevarse a cabo mediante gran variedad de microorganismos como bacterias, levaduras y hongos.

Las reacciones de fermentación se realizan a nivel industrial en los fermentadores, donde el jugo azucarado es mezclado con otros nutrientes para crear las condiciones favorables para el microorganismo. Cuando la población microbiana alcanza un determinado tamaño, comienza la fermentación y continúa hasta que se consumen todos los azúcares fermentables o hasta que se produce la inhibición del metabolismo del microorganismo por producto final.

Cualquier material orgánico es susceptible de ser fermentado en moléculas de menor tamaño, pero son los azúcares de seis átomos de carbono los de mayor disponibilidad en la naturaleza, bien en forma de monosacáridos (mayoritariamente en forma de glucosa y menores cantidades de fructosa, galactosa y manosa) y disacáridos (maltosa, sacarosa, lactosa) o bien en forma polimérica, como en el almidón, celulosa, inulina y hemicelulosa.

1.3.7.1 DIGESTIÓN ANAEROBIA

La digestión anaerobia es un proceso de fermentación de la biomasa en el que se obtiene un gas, el biogás, mediante la acción de microorganismos. Este proceso de transformación puede aplicarse sobre cualquier tipo de biomasa, especialmente en aquellas con un alto contenido en humedad.

La digestión anaerobia es un proceso complejo en el que están implicados numerosas reacciones químicas (hidrólisis, acidogénesis y metanogénesis) y gran número de especies bacterianas. En una primera etapa un grupo de bacterias, anaerobias estrictas o facultativas, convierten la materia orgánica en compuestos que un segundo grupo de bacterias acidogénicas transforma en ácidos orgánicos que son empleados a su vez por un tercer grupo, las bacterias metanogénicas, produciendo metano, componente mayoritario del biogás.

Generalmente se opera a temperaturas entre 4 y 50 °C, y a un pH alrededor de 7. El tiempo que se requiere para completar la descomposición de biomasa en biogás oscila entre 25 y 35 días, aunque puede llegar a reducirse hasta 1-10 días en digestores de contacto anaerobio.

1.3.7.2 DIGESTIÓN AEROBIA

La digestión aerobia o “compostaje” es el proceso biológico aeróbico mediante el cual los microorganismos descomponen la materia biodegradable, permitiendo obtener “compost”, abono excelente para la agricultura. Al igual que en la digestión anaerobia este proceso es aplicable en biomásas que presenten un porcentaje de humedad elevado, como restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos.

En la digestión aerobia la biomasa generalmente es recogida en “lagunas”, en las que se garantiza el suministro de O₂ mediante agitación mecánica. El proceso es complejo ya que interviene una gran variedad de microorganismos: mesofílicos, termófilos, bacterias esporígenas y actinomicetos. El rendimiento del proceso depende de parámetros como la temperatura, pH, humedad, nutrientes, y los niveles de O₂, por lo que es necesaria una buena aireación y agitación durante el mismo.

1.4 PRODUCTOS OBTENIDOS

La biomasa pueden ser transformados en combustibles líquidos (biocombustibles) o gaseosos (biogás), o en productos químicos sustitutos de otros productos derivados del petróleo. La biomasa no transformada (biomasa sólida) puede utilizarse como fuente de energía térmica a través de la combustión. Entre los principales recursos de la biomasa encontramos los residuos agrícolas (paja, matorrales, residuos de la poda, etcétera), los residuos forestales y madereros (restos de madera, ramas, etcétera.), residuos agroindustriales y de la industria de la alimentación (alpechín, orujillo, productos oleosos, etcétera), residuos orgánicos, residuos zootécnicos y cultivos energéticos herbáceos o arbóreos.

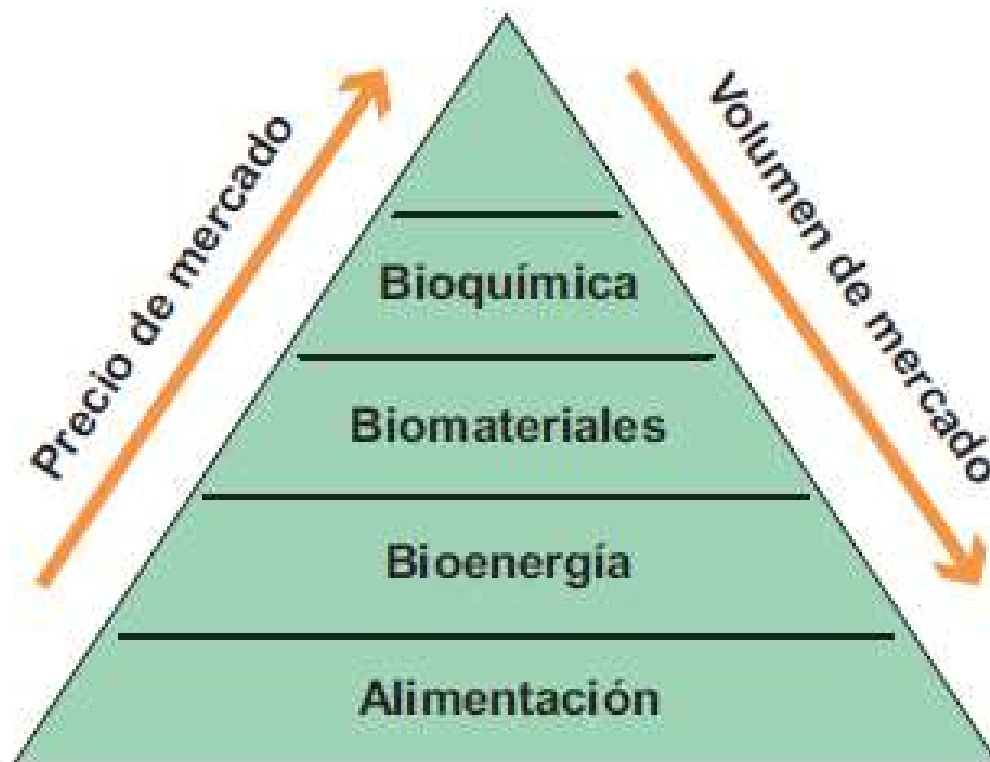


Figura 3. Clasificación productos obtenidos de residuos de biomasa

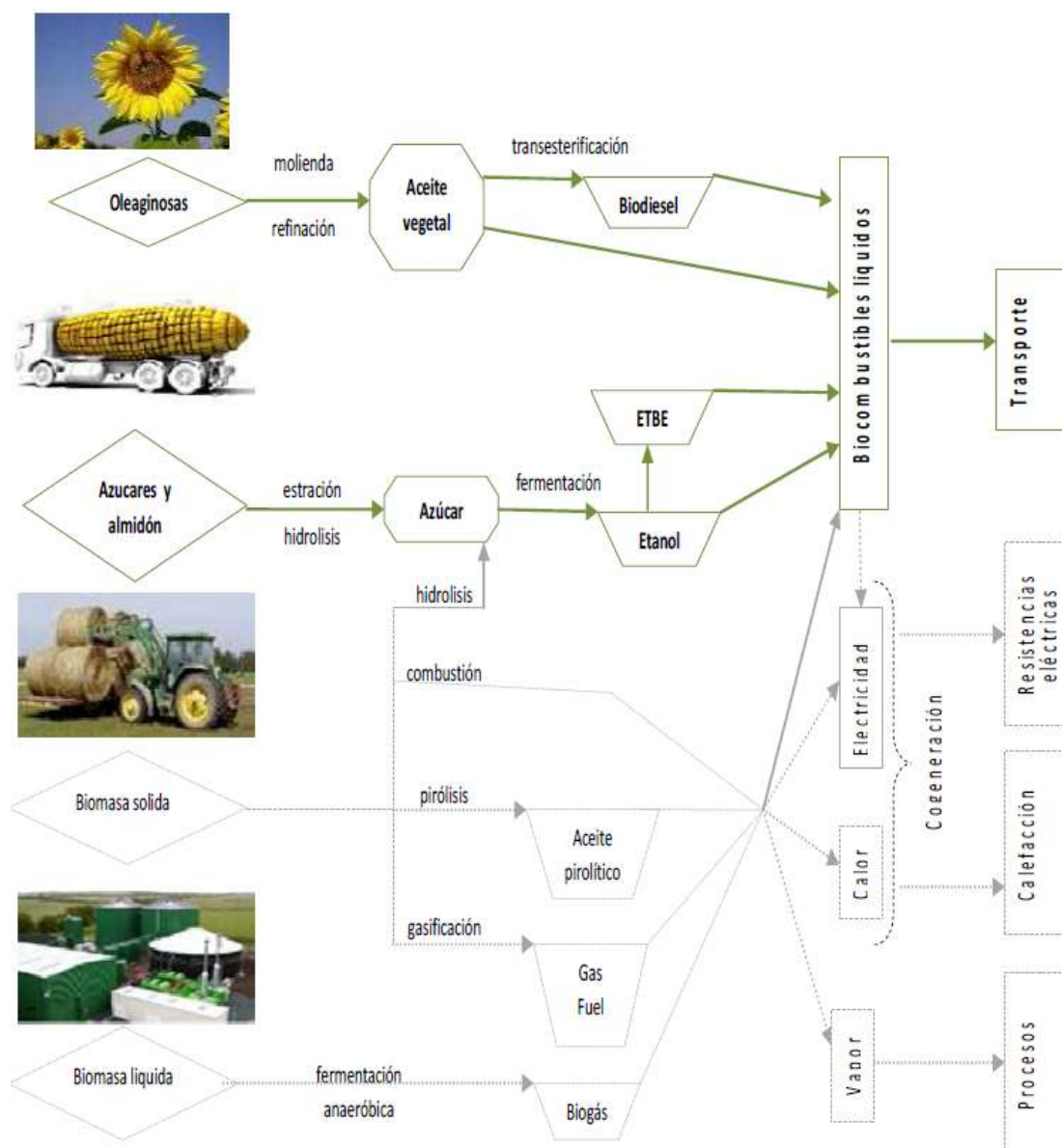


Figura 4. Esquema de transformación de biomasa en nuevos productos

1.4.1 BIOCARBURANTES Y BIOLÍQUIDOS

Se habla de biocombustibles líquidos, se hace referencia a todos los combustibles líquidos o gaseosos que se obtienen a partir de la biomasa y que pueden ser utilizados para cualquier aplicación energética, ya sea térmica, eléctrica o mecánica, para alimentar calderas y motores de combustión interna (Otto y diesel). No obstante los términos comúnmente empleados para su definición son:

- **Biocarburentes:** biocombustible líquido o gaseoso empleado para el transporte
- **Biolíquidos:** biocombustibles líquidos o gaseosos destinados a usos energéticos distintos del transporte, incluidas la electricidad y la producción de calor y frío.

La cadena de los biocarburantes tiene muchos componentes. Diferentes materiales orgánicos pueden ser transformados en carburantes utilizando tecnologías consolidadas u otras en desarrollo. Teniendo en cuenta el estado de madurez de las tecnologías de producción y utilización, se ha establecido una categorización entre biocarburantes de primera y segunda generación:

- **Biocarburantes de primera generación:** El biodiésel, los aceites vegetales, el bioetanol obtenido a partir de los cereales y los azúcares que se encuentran en otros productos vegetales, el bio-etil-tercbutil éter (ETBE) y el biogás, pertenecen a esta categoría. La producción y el uso de estos biocarburantes están ya en fase de aplicación avanzada. Los principales márgenes de mejora se deben buscar en la reducción de los costes de producción, la optimización del balance energético, la mejora de los rendimientos energéticos de los motores de combustión y el incremento de los porcentajes de mezcla con los combustibles fósiles.
- **Biocarburantes de segunda generación:** El bioetanol producido a partir de materias primas celulósicas, el bio-hidrógeno, el syngás, los bio-aceites, el biometanol, el biobutanol o el diésel sintético obtenido a través de la reacción de Fischer-Tropsch pertenecen a esta categoría. Su producción no tiene escala industrial y se limita a plantas experimentales. Todos los biocarburantes de segunda generación tienen en común el hecho de estar producidos a partir de materias primas con coste nulo o muy reducido: biomasa lignocelulósicas. A pesar de estar aún en fase de mejora, las tecnologías de producción de biocarburantes de segunda generación se consideran muy prometedores por su potencial para reducir los costes de producción. Estos costes representan en la actualidad una penalización respecto a las fuentes fósiles corrientes y no permiten desvincular la producción de los biocarburantes de las políticas de ayudas económicas y fiscales actualmente existentes. Además, los biocarburantes de segunda generación permiten incrementar el rango de materias primas ya que el uso de material lignocelulósico y residual no compite con el mercado alimentario.
- **Biocombustibles de tercera generación:** Los biocombustibles de tercera generación utilizan métodos de producción similares a los de segunda generación, pero empleando como materia prima cultivos bioenergéticos específicamente diseñados o adaptados (a menudo por medio de técnicas de biología molecular) para mejorar la conversión de biomasa a biocombustible. Un ejemplo es el desarrollo de los árboles “bajos en lignina”, que reducen los costes de pretratamiento y mejoran la producción de etanol, o el maíz con celulosa integradas.
- **Biocombustibles de cuarta generación:** Los biocombustibles de cuarta generación llevan la tercera generación un paso más allá. La clave es la captación y almacenamiento de carbono (CAC), tanto a nivel de la materia prima como de la tecnología de proceso. La materia prima no sólo se adapta para mejorar la eficiencia de proceso, sino que se diseña para captar más dióxido de carbono, a medida que el cultivo crece. Los métodos de proceso (principalmente termoquímicos) también se combinan con tecnologías de captación y almacenamiento de carbono que encauza el dióxido de carbono generado a las formaciones geológicas (almacenamiento geológico, por ejemplo, en yacimientos petrolíferos agotados) o a través del almacenamiento en minerales (en forma de carbonatos). De esta manera, se cree que los biocombustibles de cuarta generación contribuyen más a reducir las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero), porque

son más neutros o incluso negativos en carbono si se comparan con los biocombustibles de las otras generaciones. Los biocombustibles de cuarta generación encarnan el concepto de «bioenergía con almacenamiento de carbono».

1.4.1.1 BIOETANOL

El bioetanol es el alcohol etílico (o etanol) producido por la fermentación de los azúcares presentes en la biomasa. Se caracteriza por su elevado contenido energético (27 MJ/Kg). Tiene un comportamiento muy similar al de la gasolina, lo que unido a su poder antidetonante hace posible su uso en la alimentación de motores de ciclo Otto. Su utilización en motores Diésel en sustitución del gasoil se encuentra en desarrollo a medio plazo.

El bioetanol puede producirse a partir de diferentes materias primas o biomásas vegetales, residuales y/o de cultivos energéticos. Según el tipo de carbohidrato que contengan, las materias primas se dividen en sacaríferas (azúcares simples), amiláceas y celulósicos (celulosa y hemicelulosa). Los cultivos sacaríferos más utilizados son la remolacha (Europa) y la caña de azúcar (Brasil). Entre los cultivos amiláceos, el más común es el maíz (sobre todo en los EEUU).

Por sus propiedades físico-químicas, el bioetanol se considera un sustituto de la gasolina en los motores de ciclo Otto. La siguiente tabla indica las características físico-químicas que hacen posible la utilización del bioetanol en los motores de ciclo Otto.

Parámetro	GASOLINA	ETANOL
Fórmula	C _n H _m (n=4/12)	CH ₃ -CH ₂ OH
Peso molecular	100/105	46
Oxígeno (% en peso)	0	34,8
Densidad (kg/m ³)	720/780	794
P.C.I. (kJ/kg)	42.700	26.800
Dosado estequiométrico	14,8	9
Solubilidad en agua (%)	0,1	100
Calor latente de vaporización (kJ/kg)	330	850
Tª ebullición (°C)	30/215	78
RVP a 38°C (kPa)	48/78	16
Índice RON	95/98	120/135
Índice MON	85/90	100/106

Tabla 2. Parámetros del bioetanol y gasolina

El bioetanol presenta algunas propiedades mejores que la gasolina:

- El bioetanol presenta un valor más alto en el número de octano, lo que evidencia una capacidad antioxidante mayor que la de la gasolina.
- La volatilidad del bioetanol, expresada por la temperatura de ebullición y por la tensión de vapor, es superior a la de la gasolina. Esto hace que la mezcla con el aire sea más rápida y homogénea en la carburación. También que el proceso de combustión, el arranque en frío del motor y las prestaciones en aceleración sean mejores.

1.4.1.1.1 PROCESO PRODUCTIVO

El alcohol etílico o etanol es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales, remolacha, caña de azúcar o biomasa. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa. En el proceso de fermentación se obtiene alcohol hidratado, con un contenido aproximado del 5% de agua, que tras ser deshidratado se puede utilizar como combustible.

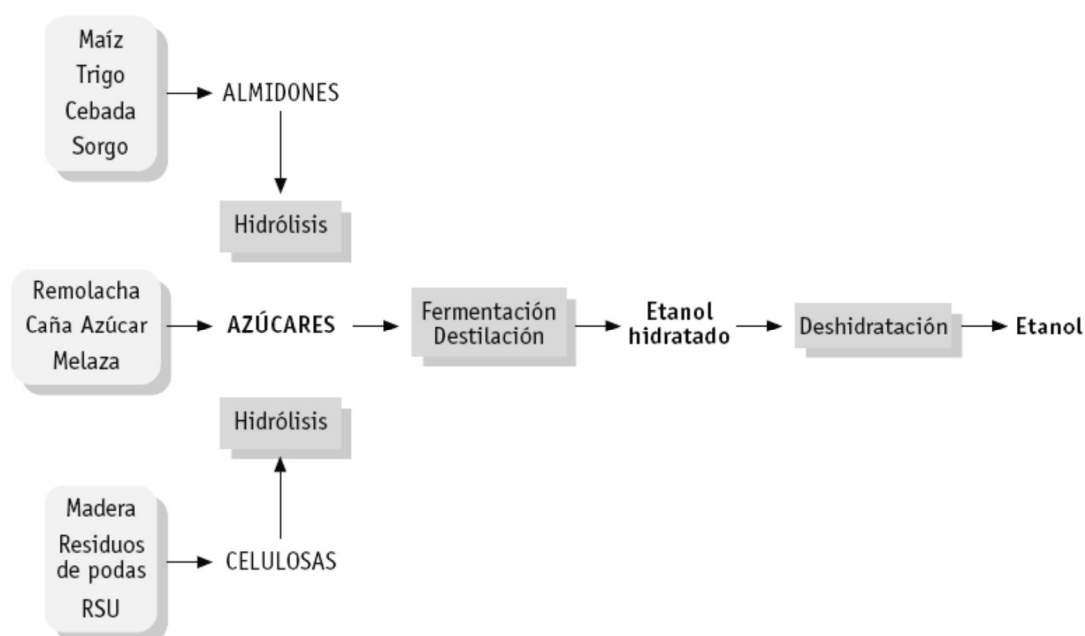


Figura 5. Esquema de proceso productivo bioetanol

Las plantas ricas en azúcares contienen monosacáridos liberados y fácilmente accesibles. En los cereales, sin embargo, éstos se encuentran en forma de almidón (polisacárido), que es necesario “romper” (hidrolizar), en forma de los azúcares simples que lo componen.

Los materiales lignocelulósicos son los que ofrecen un mayor potencial para la producción de bioetanol. La mayoría de los materiales con alto contenido en celulosa, susceptibles de ser utilizados para la producción de bioetanol, se generan como residuos en los procesos productivos de los sectores agrícolas, forestal e industrial.

Los residuos de biomasa contienen mezclas complejas de carbohidratos, llamados celulosa, hemicelulosa y lignina que forman parte del tejido estructural de las plantas. Para obtener los azúcares de la biomasa es precisa una hidrólisis de una mayor intensidad, el material lignocelulósico es tratado con ácidos o enzimas que facilitan su obtención. La celulosa y hemicelulosa son hidrolizadas por enzimas o diluidas por ácidos para obtener sacarosa, que

posteriormente es fermentada. Tres son los principales métodos para extraer estos azúcares: la hidrólisis con ácidos concentrados, la hidrólisis con ácidos diluidos y la hidrólisis enzimática.

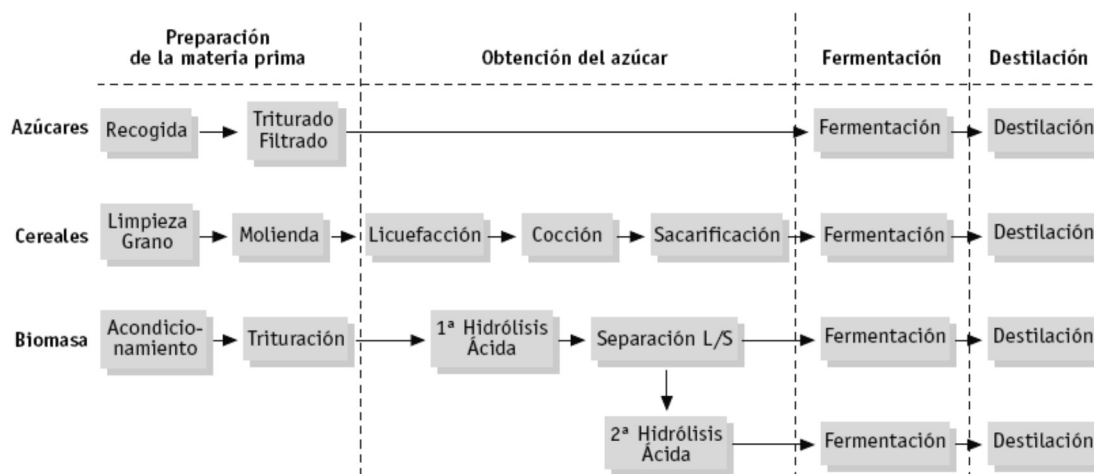


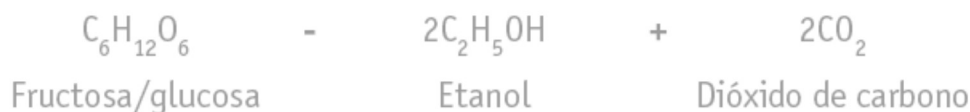
Figura 6. Esquemas procesos obtención bioetanol en función materia prima

En general, el proceso de obtención de bioetanol, independientemente del origen de la materia prima, se puede dividir en 4 fases.

- **FASE 1.- Pre tratamiento.** Preparación de la materia prima. Los tratamientos serán diferentes dependiendo del tipo de materia prima utilizada.
- **FASE 2.- Obtención de los azúcares procedentes de la materia prima.** En esta fase también se diferencian distintas tecnologías dependiendo del origen de la materia prima. En el caso azúcares (sacarosa procedente de remolacha o caña de azúcar) no es necesaria esta etapa ya que tras el pre tratamiento de la materia prima se obtienen directamente estos azúcares simples, que sólo necesitan ser fermentados para la obtención del bioetanol.
- **FASE 3.- Fermentación.** Obtención de una mezcla de alcohol diluida en agua. Este proceso es común para todas las tecnologías, ya que parte de un punto común; azúcares simples como la sacarosa. Se trata de la fermentación, por acción de la levadura, de los azúcares procedentes de la materia prima. La levadura contiene una enzima llamada invertasa, que actúa como catalizador ayudando a convertir los azúcares en glucosa y fructosa (ambos $C_6H_{12}O_6$). La reacción química es la siguiente:



La fructosa y la glucosa reaccionan con otra enzima llamada zimasa, que también está presente en la levadura para producir el etanol y dióxido de carbono.



- **FASE 4.- Destilación.** Separación del alcohol por evaporación. Este proceso también es común para todas las tecnologías. El alcohol, producido por la fermentación, contiene una parte significativa de agua, que debe ser eliminada, para su uso como combustible. Para ello se utiliza un proceso de destilación. Dado que el etanol tienen un punto de ebullición menor (78.3°C) que el agua (100°C), la mezcla se calienta hasta que el alcohol se evapora, tras la separación, el alcohol vuelve a ser condensado.

Centrándonos en la producción de bioetanol a partir de cereales se pueden distinguir 2 tecnologías diferentes: proceso de **molido húmedo** y proceso de **molido seco**.

Wet Milling processes. Proceso de molido húmedo.

Esta tecnología se aplica normalmente en plantas con grandes producciones de alcohol. Este sistema es elegido cuando se quieren obtener otros subproductos, tales como el sirope, fructosa, dextrosa, etc., además de la producción del alcohol. Se trata de un proceso complejo, debido al elevado número de pasos a seguir en el pre tratamiento del cereal y su separación en sus diferentes componentes.

FASE 1.- Pre tratamiento. El proceso comienza con el secado de los granos, posteriormente se inspecciona automáticamente y se limpian las piedras, trozos de caña o paja y cualquier otra impureza.

FASE 2.- Obtención de azúcares. El grano se remoja en grandes tanques en una solución que contiene pequeñas cantidades de dióxido de azufre y ácido láctico. Estos productos químicos, en agua a una temperatura de unos 50°C, ayudan a ablandar los granos, este proceso puede durar entre uno y dos días. Durante esta etapa el maíz se hincha, luego se ablanda y debido a las condiciones ligeramente ácidas de la disolución se libera el almidón.

A continuación se pasa la mezcla obtenida a través de un separador que, principalmente, hace que el germen de los granos flote en la parte superior de la mezcla, debido a su contenido en aceite, y sea posible recogerlos fácilmente. Una vez extraído el germen, del grano restante se obtiene la parte fibrosa mediante molienda y posteriormente se separa el almidón de las proteínas por un proceso de centrifugación.

El almidón debe ser tratado con enzimas a altas temperaturas (99-110°C) para liberar los azúcares que están contenidos en él.

Las **FASES 3 (fermentación)** y **4 (destilación)** son idénticas a lo explicado anteriormente de forma general.

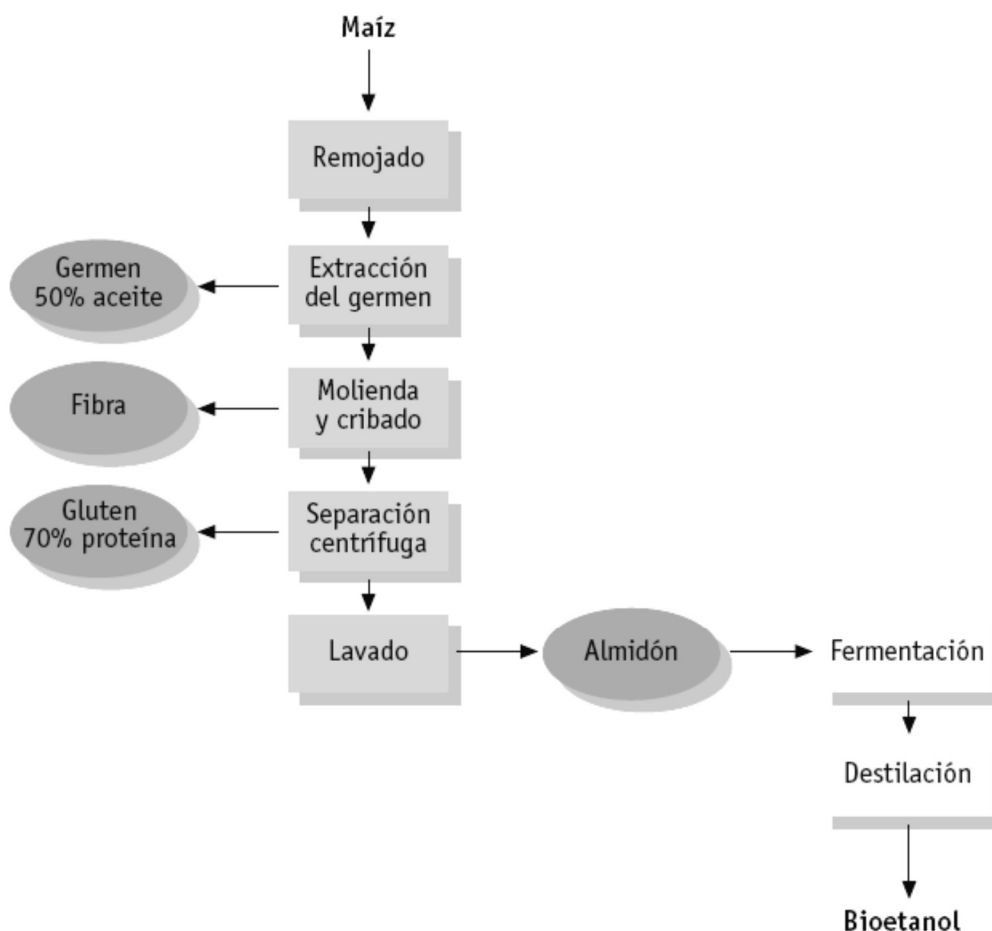


Figura 7. Proceso de molido húmedo

Dry milling. Proceso de molido seco.

Esta tecnología se usa en plantas de pequeño y medio tamaño.

FASE 1.- Pretratamiento. El proceso consiste en limpiar y moler los granos de cereal hasta reducirlos a finas partículas mediante un sistema mecánico. Se produce una harina con el germen, la fibra y la fécula de la semilla.

FASE 2.- Obtención de azúcares. La harina es hidrolizada o convertida en sacarosa usando enzimas o una disolución ácida de forma que obtenemos una solución azucarada.

FASE 3.- Fermentación. La mezcla es enfriada y se le añade la levadura para que comience a fermentar.

FASE 4.- Destilación. Una vez obtenido el alcohol, tras la fermentación, se obtiene un subproducto que se puede utilizar como alimentación para ganado. Se trata de granos secos, solubles, de destilería que se distribuyen en forma de pellets, su nombre procede del inglés; DDGS, Dried Destiller Grains of Solubles.

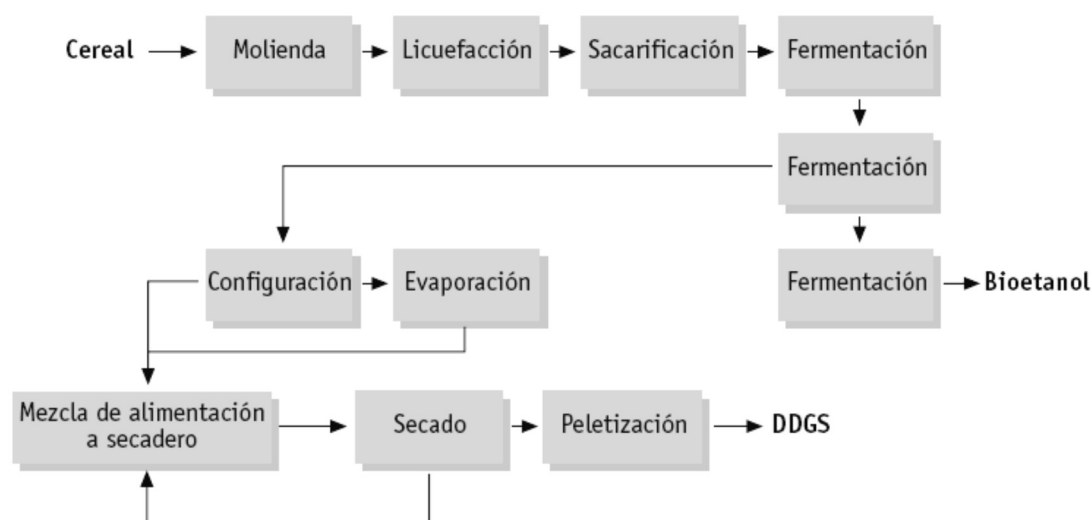


Figura 8. Proceso de molido seco

En la fase 3, dónde se realiza la fermentación, se distinguen 3 posibilidades:

1. FERMENTACIÓN DISCONTINUA (EN BATCH)

Una fermentación discontinua puede ser considerada como un "sistema cerrado". Al inicio de la operación se añade la disolución azucarada y se inocula con el microorganismo, permitiendo que se lleve a cabo la incubación en condiciones óptimas de fermentación. A lo largo de toda la fermentación no se añade nada, excepto oxígeno (en forma de aire), un agente antiespumante y ácidos o bases para controlar el pH.

2. FERMENTACIÓN ALIMENTADA (FED-BATCH)

En los procesos convencionales discontinuos que acabamos de describir, todos los sustratos se añaden al principio de la fermentación. Una mejora del proceso cerrado discontinuo es la fermentación alimentada. En los procesos alimentados, los sustratos se añaden escalonadamente a medida que progresa la fermentación.

3. FERMENTACIÓN CONTINUA

En la fermentación continua se establece un sistema abierto. La sustancia a fermentar se añade continuamente al biorreactor y una cantidad equivalente de solución utilizada de los nutrientes, con los microorganismos, se saca simultáneamente del sistema.

El objetivo fundamental de la industria de las fermentaciones es minimizar costes e incrementar los rendimientos. Este objetivo puede alcanzarse si se desarrolla el tipo de fermentación más adecuado para cada paso en particular. Por ejemplo:

El Fed-batch es el método más utilizado en Brasil y con este sistema se han observado incrementos en productividad entre el 10-14% de bioetanol. La forma en que el oxígeno es

suministrado y el tipo de levadura usada (floculante o no floculante) en el sistema fed-batch es también de suma importancia.

El proceso continuo tiene las ventajas de bajos costos de construcción de los fermentadores, bajo mantenimiento, mejor control del proceso y altas productividad comparada con sistemas discontinuos (batch).

En Brasil, un 30% de las plantas de producción de bioetanol usan el sistema continuo. La mayor desventaja del sistema continuo es que las levaduras al estar expuestas por mucho tiempo bajo condiciones de ausencia de oxígeno, pierden capacidad para producir bioetanol.

1.4.1.1.2 PRODUCCIÓN ANUAL DE BIOETANOL

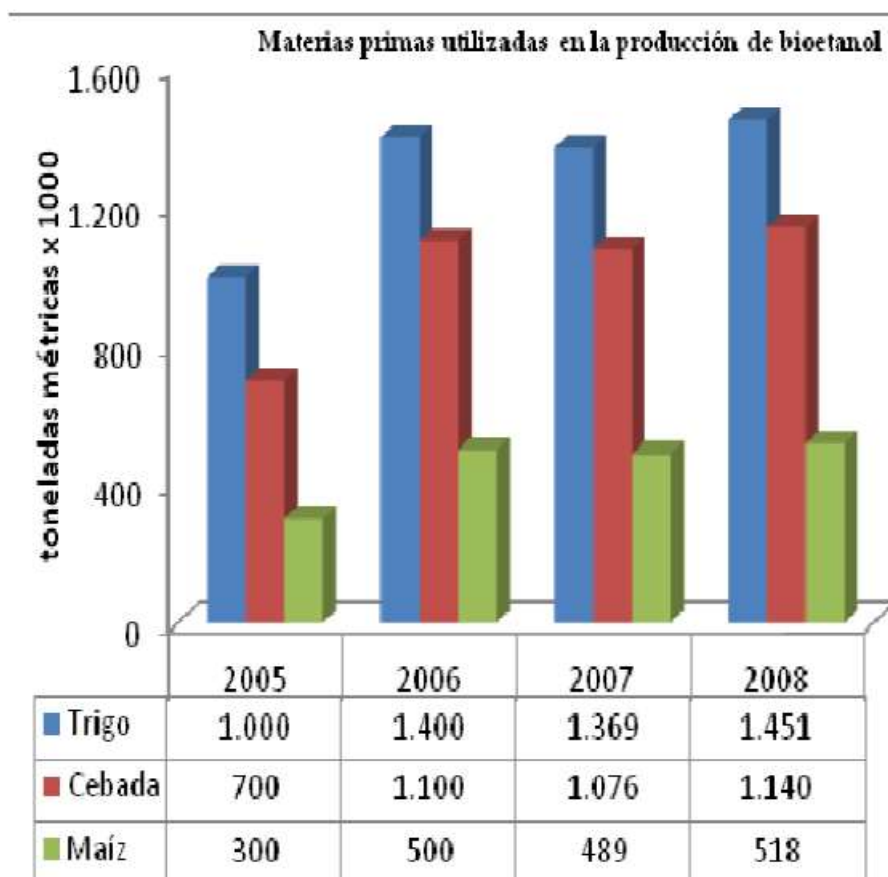
El desarrollo del etanol no ha sido tan importante como el del biodiesel en Europa, aunque esto está cambiando en los últimos años debido a que las empresas de automóviles europeas comienzan a desarrollar nuevos modelos optimizados para el mejor aprovechamiento del combustible vegetal en cuestión.

Hasta 2005, España fue el mayor productor de bioetanol de la UE. En 2006 el liderato pasó a Alemania y en 2007 fue Francia el principal productor europeo de bioetanol, manteniéndose así hasta la fecha actual.

PAIS	PRODUCCIÓN ANUAL DE BIOETANOL 2009 (m ³ x 1.000)	%
FRANCIA	1.040	29%
ALEMANIA	760	21%
ESPAÑA	500	14%
BÉLGICA	220	6%
AUSTRIA	175	5%
POLONIA	166	5%
SUECIA	160	4%
OTROS	573	16%
UNION EUROPEA	3.594	

Tabla 3. Producción anual de bioetanol por países europeos

Para la producción de bioetanol se utilizan cereales como trigo (46% de la producción de bioetanol), cebada (26%) y, en menor proporción, maíz. El gráfico siguiente muestra la evolución en la utilización de las principales materias primas para la producción de biodiésel y bioetanol en la UE 27 en el período 2005-2008.



Gráfica 1. Toneladas anuales de materias primas en la producción de bioetanol

Por otra parte, en EEUU la producción anual de etanol ha crecido de forma significativa y constante desde el 1970, hasta alcanzar la cantidad de 40.000 millones de litros en 2009.

El siguiente gráfico muestra las refinerías de bioetanol en funcionamiento y en construcción en EEUU. En diciembre 2007 había 135 plantas operativas, con una capacidad de producción de más de 280 millones de hectolitros al año. Otras 74 plantas, con capacidad para producir 230 millones de hectolitros, estaban en construcción o en fase de expansión. Existen 6 plantas comerciales de bioetanol producido con biomasa lignocelulósica en fase de construcción.

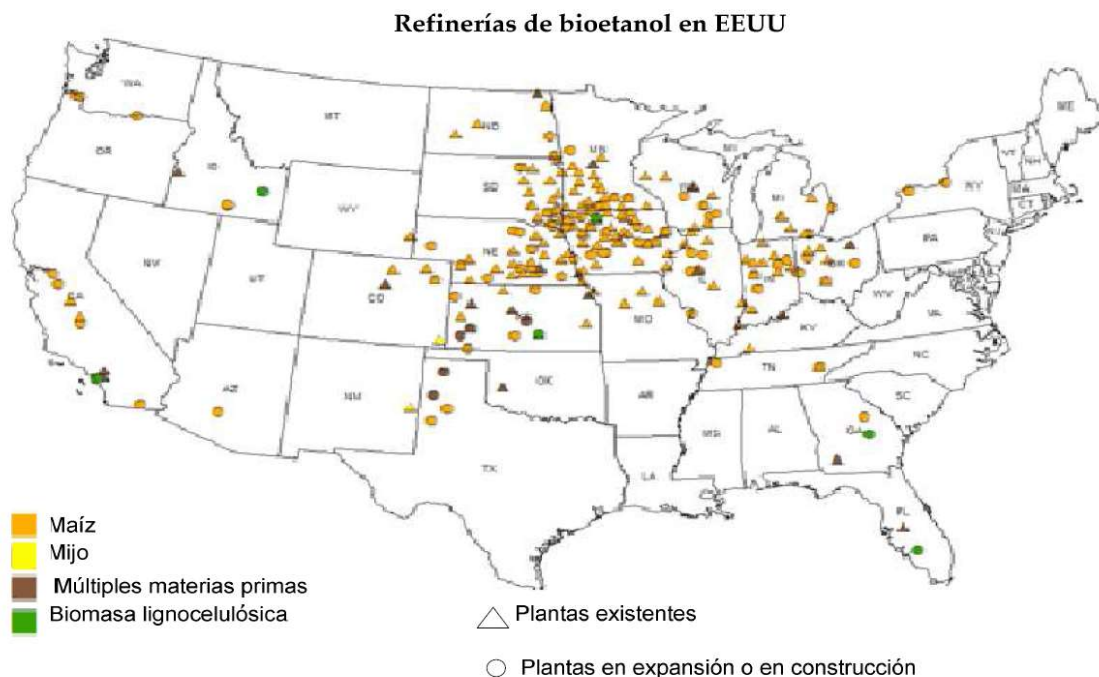


Figura 9. Mapa de biorrefinerías de bioetanol en EEUU

Cuatro de ellas (BlueFire Ethanol Inc., Broin Companies, logen Biorefinery Partners, y Abengoa Bioenergy) emplearán un proceso de conversión bioquímico. Las dos restantes (Range Fuels y ALICO Inc.) producirán etanol vía conversión termo-química. Cuando estas plantas estén en plena operatividad, se espera una producción de bioetanol de cerca de 5 millones de hectolitros/año.

La práctica totalidad del etanol estadounidense se produce con maíz. Según estimaciones del departamento de agricultura estadounidense (USDA), en 2008 el 30% del maíz cosechado en el país se destinará a la producción de etanol. La producción de etanol ha acarreado también el incremento en la demanda de cereales como el sorgo y el mijo. La producción de etanol empleaba en 2008 el 26% de la producción nacional de sorgo y mijo.

Dadas las problemáticas relacionadas con el incremento de los precios de los alimentos base, la política de desarrollo a medio-largo plazo para los biocarburantes en EEUU se está focalizando en la producción de etanol a través de la biomasa lignocelulósica. Algunos estudios sugieren que, dentro de la primera mitad del siglo, EEUU puedan llegar a procesar, de forma viable, 1.180 millones de toneladas de biomasa no alimentaria por año, suficiente para sustituir alrededor del 30% de consumo actual de petróleo.

Las mezclas de gasolinas con bajos niveles de etanol se venden en todos los estados. Más de un tercio de la gasolina comercializada contiene mezcla E10. El etanol se usa en altos niveles de mezcla, E85, en los nuevos vehículos que permiten esta mezcla. Según la asociación de productores de combustibles renovables (RFA), se consuman en la actualidad más de 190 millones de litros de mezcla E85 en el país.

En la actualidad, hay más de 1600 estaciones de servicio en el país que distribuyen E85. Más de 6 millones de vehículos FFV, predispuestos para consumir gasolina normal o cualquier tipo de mezcla con etanol hasta un máximo del 85% (E85), están registrados.

1.4.1.2 BIODIÉSEL

El biodiésel es un carburante compuesto por esteres metílicos de ácidos grasos de cadena larga obtenidos de aceites vegetales o grasas animales, que se caracteriza por su elevada densidad energética: 37 MJ/kg. El éster metílico es el producto de la reacción de un alcohol de cadena corta (por ejemplo, metanol o etanol) con un aceite graso (triglicérido), cuyo resultado es la formación de glicerol (glicerina) y de esteres de ácidos grasos de cadena larga. El biodiésel se puede utilizar en estado puro (B100) o mezclado con gasoil.

La sustitución del gasoil por el biodiésel conlleva importantes beneficios ambientales en términos de contaminantes emitidos a la atmósfera durante la combustión. En particular, en la combustión del biodiésel se emiten menos cantidades de monóxidos de carbono, partículas, sulfatos, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos no quemados. El uso del biodiésel permite un ahorro de emisiones de anhídrido carbónico del rango de 40-60% respecto al gasoil convencional.

Las características físico-químicas del biodiésel lo convierten en un producto muy afín al gasoil y, por lo tanto, fácilmente sustituible por el diésel de origen fósil en los motores endotérmicos de ciclo Diésel. En la siguiente tabla se comparan las principales características físico-químicas del biodiésel y del gasoil.

	GASOLEO	ACEITES VEGETALES	BIODIESEL
Densidad a 20 °C (kg/m ³)	840	910/930	870/890
Viscosidad a 40 °C (Cst)	3/4,5	25/35	3,5/4,5
P.C.I. (MJ/kg)	43	35/38	36/39
P.C.I. (MJ/l)	36	32/35	32/34
Nº Cetano	48/51	30/40	49/54
POFF (°C)	-20	10/20	0/-15
Residuo carbonoso (%)	0,1	>10	0,25/0,42
Punto de inflamación (°C)	65	>200	120/170
Azufre (% en peso)	0,05	0	0

Tabla 4. Parámetros biodiesel y gasóleo

Algunas características convierten al biodiésel en un combustible más eficiente que el gasoil: el alto número de cetano garantiza un arranque rápido del motor; el valor del flash-point conlleva más seguridad en la manipulación. Sin embargo, otras características evidencian su peor comportamiento frente al gasoil: el número de yodo más alto describe una mayor propensión al deterioro; valores de los puntos de turbidez y fluidez más bajos lo hacen más vulnerable al

frío y menos maleable en las temporadas invernales. El biodiésel presenta una densidad energética más baja que el gasoil: para sustituir 1kg de gasoil son necesarios 1,13 kg de biodiésel.

1.4.1.2.1 PROCESO PRODUCTIVO

Existen múltiples opciones para la producción de biodiésel a partir del proceso general de transesterificación. Muchas de estas tecnologías pueden ser combinadas de diferentes maneras variando las condiciones del proceso y la alimentación del mismo. La elección de la tecnología será función de la capacidad deseada de producción, alimentación, calidad y recuperación del alcohol y del catalizador.

En general, plantas de menor capacidad y diferente calidad en la alimentación suelen utilizar procesos Batch o discontinuos. Los procesos continuos, sin embargo, son más idóneos para plantas de mayor capacidad que justifique el mayor número de personal y requieren una alimentación más uniforme.

PROCESO DISCONTINUO

Es el método más sencillo para la producción de biodiésel. Se han reportado ratios 4:1 (alcohol: triglicérido). Se trata de reactores con agitación, donde el reactor puede estar sellado o equipado con un condensador de reflujo. Las condiciones de operación más habituales son a temperaturas de 65°C, aunque rangos de temperaturas desde 25°C a 85°C también han sido publicadas. El catalizador más común es el NaOH, aunque también se utiliza el KOH, en rangos del 0,3% al 1,5% respectivamente. Es necesaria una agitación rápida para una correcta mezcla en el reactor del aceite, el catalizador y el alcohol. Hacia el fin de la reacción, la agitación debe ser menor para permitir a la glicerina separarse de la fase éster.

Algunas plantas utilizan reacciones en dos etapas, con la eliminación del glicerol entre ellas, para aumentar el rendimiento final hasta porcentajes superiores al 95%. Temperaturas mayores y ratios superiores de alcohol pueden asimismo aumentar el rendimiento de la reacción. El tiempo de reacción suele ser entre 20 minutos y una hora.

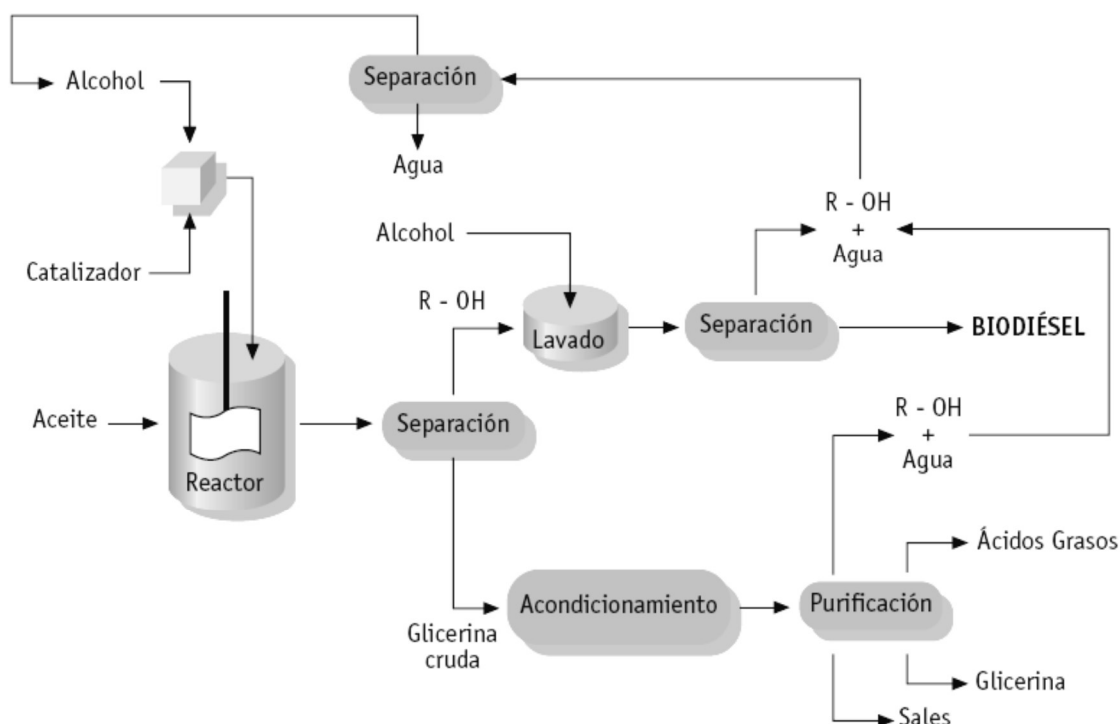


Figura 10. Proceso discontinuo de producción de biodiésel

PROCESO CONTINUO

Una variación del proceso discontinuo es la utilización de reactores continuos del tipo tanque agitado, los llamados CSTR, Continuous Stirred Tank Reactor. Este tipo de reactores puede ser variado en volumen para permitir mayores tiempos de residencia y lograr el aumento de los resultados de la reacción. Así, tras la decantación de la glicerina en el decantador la reacción en un segundo CSTR es mucho más rápida, con un porcentaje del 98% de producto de reacción.

Un elemento esencial para el diseño de los reactores es que la mezcla se realice adecuadamente para que la composición en el reactor sea prácticamente constante. Esto tiene el efecto de aumentar la dispersión de la glicerina en la fase éster, de forma que el tiempo requerido para la separación de fases es superior.

El reactor que se utiliza en este tipo de mezclas es de tipo tubular. La mezcla de reacción se mueve longitudinalmente por este tipo de reactores, con poca mezcla en la dirección axial. Este tipo de reactor de flujo pistón, Plug Flow Reactor (PFR), se comporta como si fueran pequeños reactores CSTR en serie.

El resultado es un sistema en continuo que requiere tiempos de residencia menores, del orden de 6 a 10 minutos, para la realización de la reacción. Este tipo de reactor puede operar a elevada temperatura y presión para aumentar el porcentaje de conversión.

En este proceso, se introducen los triglicéridos con el alcohol y el catalizador y se somete a diferentes operaciones (se utilizan dos reactores) para dar lugar al éster y la glicerina.

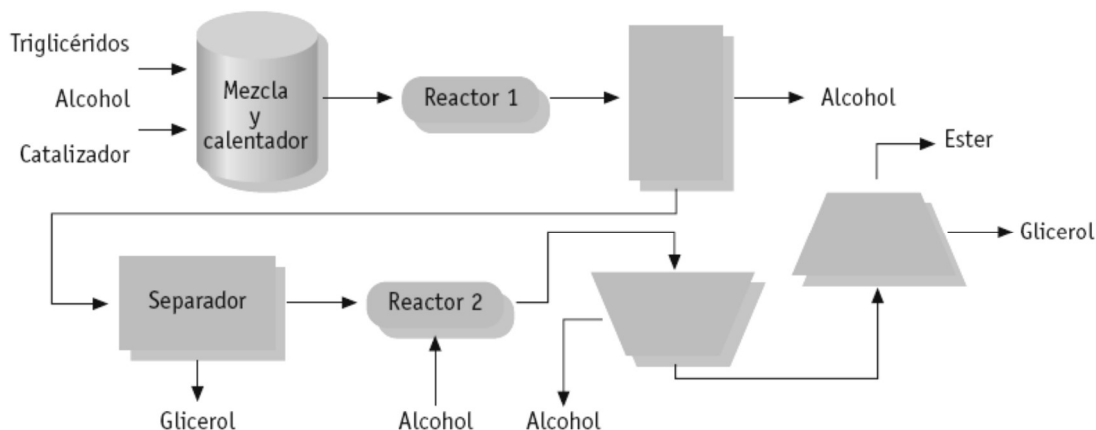


Figura 11. Proceso continuo de producción de Glicerol

PROCESO DE ESTERIFICACIÓN

Este proceso consiste en el calentamiento de una mezcla de alcohol y del ácido correspondiente, ya que en la esterificación se suelen utilizar catalizadores ácidos, siendo el más común el ácido sulfúrico. El reactivo más económico se utiliza en exceso para aumentar el rendimiento de la reacción y desplazar el equilibrio hacia la derecha (esterificación de Fischer).

El ácido sulfúrico, además de cómo catalizador, actúa como sustancia higroscópica absorbiendo el agua formada durante la reacción y evitando así la formación de jabones. En ocasiones, este ácido puede ser sustituido por ácido fosfórico concentrado.

Este proceso presenta ciertos inconvenientes, por un lado el alcohol puede sufrir reacciones de eliminación formando olefinas, esterificación con el propio ácido sulfúrico o de formación del éter, y por otro lado el ácido puede sufrir decarboxilación.

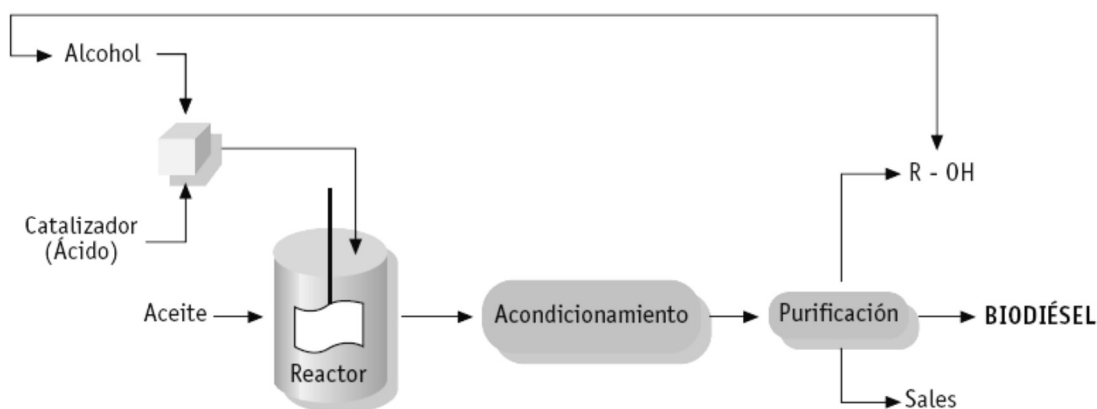


Figura 12. Proceso de esterificación para la obtención de biodiésel

PROCESO DE ESTERIFICACIÓN - TRANSESTERIFICACIÓN

La combinación de ambos procesos, esterificación y transesterificación, se realiza para obtener un proceso mejorado. El objetivo es neutralizar los ácidos grasos libres procedentes de los triglicéridos, materia prima para la obtención de biodiésel, evitando así la formación de jabones y aumentando la producción de biodiésel.

En esta combinación la primera actuación es el refinamiento de los ácidos grasos mediante un tratamiento diferenciado anterior al sistema de alimentación. Se utilizan catalizadores cáusticos y el producto de la reacción se separa mediante centrifugación (proceso llamado Caustic Stripping).

Por un lado tendremos ácidos grasos que serán transformados por esterificación ácida en ésteres metílicos. Por otro lado los aceites refinados serán convenientemente separados y acondicionados para alimentar la unidad de transesterificación.

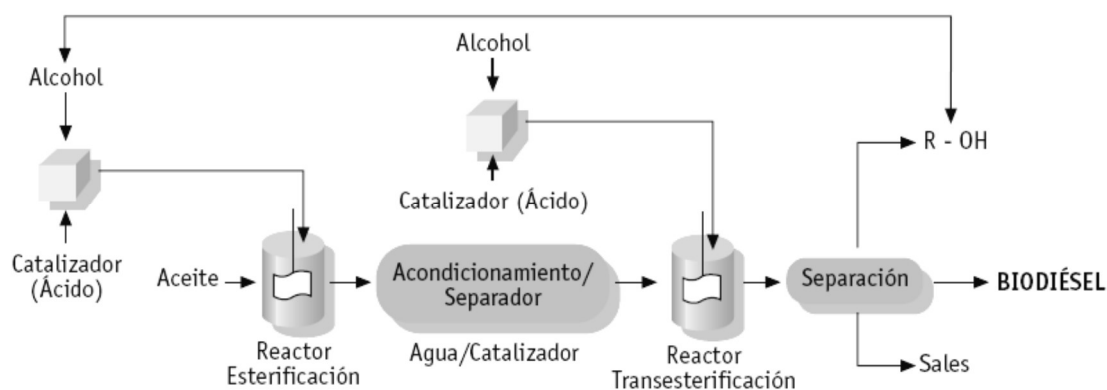


Figura 13. Proceso combinado de esterificación – transesterificación en la obtención de biodiésel

1.4.1.2.2 PRODUCCIÓN ANUAL DE BIODIÉSEL

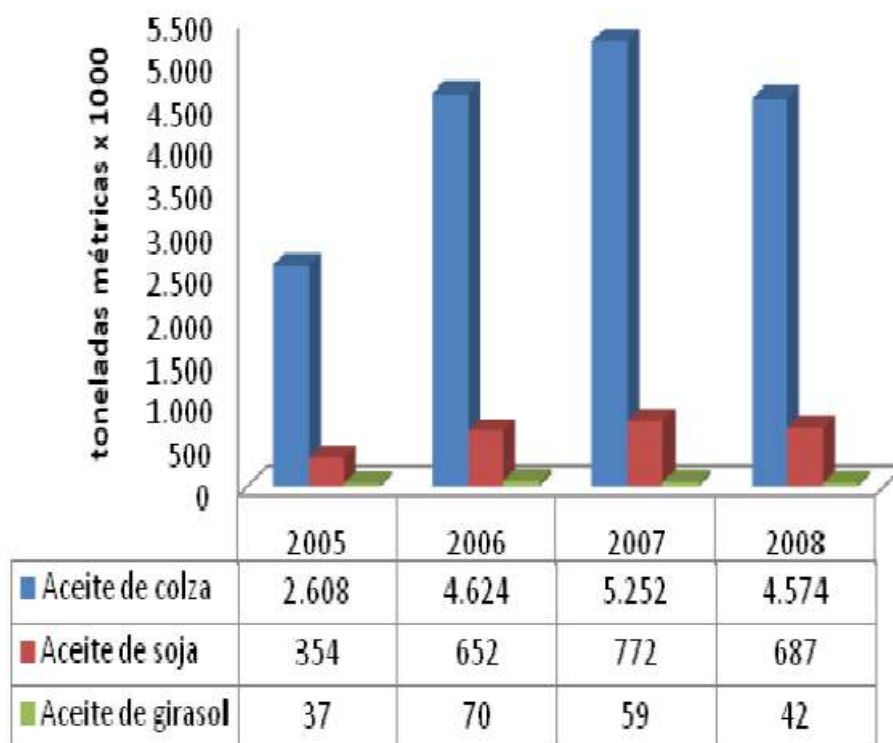
La UE es el mayor productor de biodiésel del mundo. La siguiente tabla muestra los principales países productores. Se puede ver que Alemania es el principal productor, seguido por Francia (1/3 de la producción de Alemania) e Italia (ocho veces menor que Alemania). En los últimos años, países como España, Portugal, Reino Unido y Holanda han experimentado un fuerte crecimiento en la producción de biodiésel.

País	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Alemania	619	805	1.166	1.880	2.998	3.255
Francia	412	402	392	554	837	982
Italia	236	307	360	446	503	409
Austria	28	36	64	96	139	301
Portugal	0	0	0	1	102	197
España	0	7	15	82	111	189
Bélgica	0	0	0	1	28	187
Reino Unido	3	10	10	57	216	169
Grecia	0	0	0	3	47	113
Holanda	0	0	0	0	20	96
Otros	59	126	128	440	505	537
Total	1.357	1.693	2.135	3.560	5.506	6.435

Tabla 5. Producción anual de biodiésel en los países de Europa

Las materias primas necesarias para la obtención del biodiésel se pueden observar en el siguiente gráfico.

Materias primas utilizadas en la producción de biodiesel



Gráfica 2. Toneladas anuales de materias primas en la producción de biodiésel

Comparando los datos, en EEUU el biodiésel ha tenido un crecimiento mucho más tardío pero igual de dinámico, pasando de una producción prácticamente nula en el año 2000 a una producción de 2.125.000 m³ en 2009.

Existen en la actualidad 165 plantas de producción de biodiésel operativas, con una capacidad de producción total de 7.000 millones de litros¹⁰. Otras 84 plantas están en fase de expansión o construcción y cuando se concluyan podrán producir 5.000 millones de litros aproximadamente.

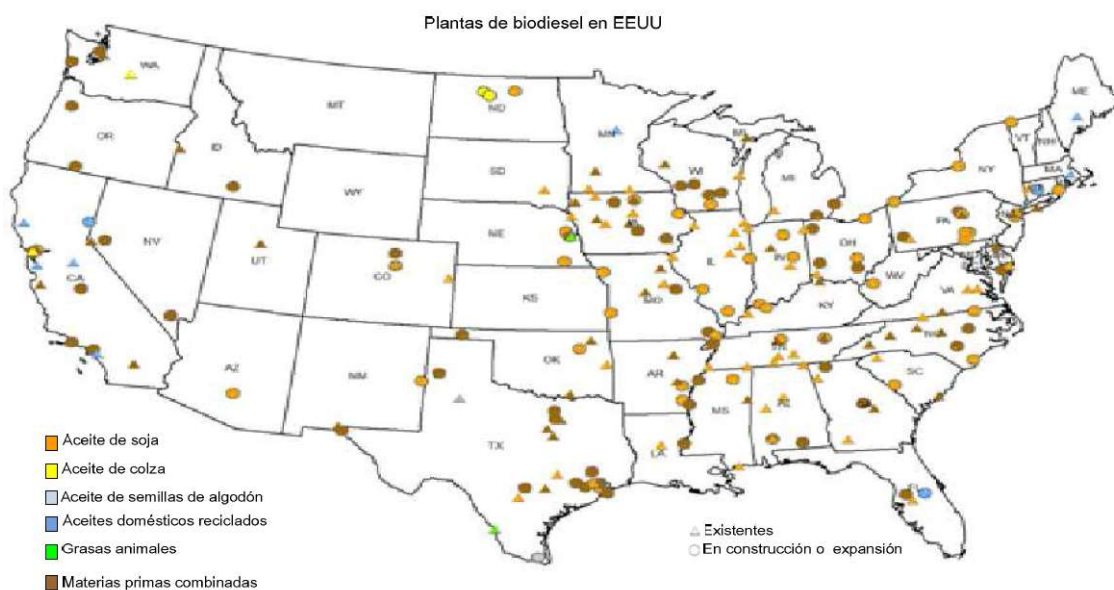


Figura 14. Mapa de biorrefinerías de biodiésel en EEUU

Alrededor del 90% del biodiésel producido en EEUU proviene de aceite de soja. En el medio plazo, más del 10% del aceite de soja producido en EEUU se utilizará para producir biodiésel.

La mezcla de biodiésel más común es la B20, pero niveles más bajos de mezcla, tales como a B2 y la B5, están entrando con fuerza en el mercado. Las mezclas con alto porcentaje de biodiésel, más que B20, se usan en la actualidad como carburantes en medios de transporte específicos, generalmente vehículos gubernamentales o flotas privadas especiales.

1.4.1.3 BIO-ETBE

El bio-ETBE es un antidetonante sintetizado a partir del bioetanol. Puede ser utilizado en la composición de gasolinas para los motores de ciclo OTTO en sustitución del benceno y del MTBE, que a su vez han sustituido al plomo tetra-etilo. Dado que en su síntesis participa un hidrocarburo fósil (isobuteno), se considera biocarburante en una medida proporcional al peso del bioetanol en el compuesto final (es decir, alrededor del 47%). Las propiedades como antidetonante son parecidas a las del MTBE, pero su combustión ejerce un impacto inferior

sobre el balance atmosférico del anhídrido carbónico. Actualmente en la UE, puede ser usado en mezcla al 15% en volumen con la gasolina.

1.4.1.4 BIOHIDRÓGENO

El biohidrógeno se obtiene a partir de biomasa y/o de la fracción biodegradable de los residuos, utilizando dos procesos diferentes. El primero, de tipo termo-químico, usa la gasificación y se integra con una fase de rectificación (steam reforming) si el contenido final de hidrógeno no es adecuado. El segundo, en fase de estudio, es una fermentación en ausencia de luz similar a la digestión anaeróbica y que permite producir directamente hidrógeno en vez de metano. Los productos intermedios de las vías metabólicas, los ácidos orgánicos, se convierten en biohidrógeno gracias a la luz solar y al proceso de foto-fermentación. El hidrógeno se puede utilizar en los motores de combustión interna de ciclo Otto, en los de ciclo Diésel o en las pilas de combustibles.

Características	Biohidrógeno*
Poder calorífico inferior (PCI) (MJ/kg)	10,05
Número de Octano (valor medio entre MON y RON)	130
Flash-point (C°)	585
Temperatura de ebullición (C°)	-252
Temperatura de inflamación	-279
Estado	gaseoso
Aspecto	gaseoso

*Valor medio

Tabla 6. Parámetros del biohidrógeno

1.4.1.5 SYNGAS

El gas de síntesis o syngas es una mezcla de gases que se genera mediante el proceso de gasificación de los materiales que contienen carbono, entre las cuales están las biomásas lignocelulósicas.

El syngas se compone principalmente de monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂), como combustibles principales; contiene además nitrógeno y anhídrido carbónico (CO₂). Su poder calorífico inferior es variable dado que su composición puede variar en el curso de la gasificación, usando aire o agua (steam reforming) para definir la relación entre H₂ y CO deseada. Sus propiedades físico-químicas permiten su utilización en los motores de combustión interna de ciclo Otto, en los de ciclo Diésel, en las turbinas de gas y en las pilas de combustible.

1.4.1.6 BIOACEITE

El bio-aceite es el producto líquido de la pirólisis de la biomasa lignocelulósica y tiene características muy similares a las del petróleo. La pirólisis es un proceso térmico de descomposición de la biomasa conducido en ausencia de oxígeno y con temperaturas de entre 350 y 550°C. Entre las diferentes opciones de plantas, que permiten rendimientos de bioaceites del orden del 75% en peso seco de la biomasa de partida, se citan los reactores de lecho fluido y los reactores de ciclón. Los bio-aceites se han experimentado con éxito en los motores de ciclo Diésel y en las turbinas y se considera como un hidrocarburo combustible de alta calidad. En la actualidad genera costes energéticos y económicos demasiado altos para ser considerado un combustible viable.

Características	Bio-aceite*
Poder calorífico inferior (PCI) (MJ/kg)	18,5
Número de cetano	10
Contenido en oxígeno [% en peso]	45
Contenido en agua [% en peso]	14
Temperatura de inflamación	70
Contenido in ceniza [% en peso]	0,13
Densidad [kg/m ³]	1.250
Estado	líquido
Aspecto	líquido

*Valor medio

Tabla 7. Parámetros del bioaceite

1.4.1.7 BIOMETANOL

El biometanol se diferencia del metanol tradicional por la materia prima utilizada para su producción: mientras que el metanol tradicional es obtenido mediante el proceso de conversión catalítica a partir de un combustible fósil (generalmente gas natural), para el biometanol se usa biomasa lignocelulósica. La gasificación de la biomasa, con la conversión catalítica de los gases obtenidos (CO₂ y H₂), es el proceso más usado para la producción del biometanol. La reacción para la producción de biometanol se da con altas temperaturas (alrededor de los 400°C) y presión (40-80 atm). Dadas las propiedades del biocombustible, muy parecidas a las del bioetanol, el biometanol se puede utilizar en los motores de ciclo Otto y Diésel.

En las aplicaciones para el transporte, el biometanol presenta un comportamiento muy similar a la gasolina en cuanto a prestaciones y se caracteriza por un valor más alto de número de octano. La principal criticidad en la utilización del biometanol está relacionada con la seguridad en las fases de transporte y almacenamiento en cuanto que quema sin llama visible y es tóxico por inhalación, contacto e ingestión. Estas problemáticas se reflejan en los elevados costes de gestión que corren a cargo de la red de distribución. El uso de biometanol hasta el 20% en mezcla con la gasolina no requiere modificaciones en el motor o en las infraestructuras de distribución.

Su utilización en altas concentraciones con la gasolina o en estado puro necesita de modificaciones en el motor, para garantizar los rendimientos en el arranque en frío y para evitar la corrosión de los materiales.

Características	Biometanol*
Poder calorífico inferior (PCI) (MJ/kg)	19,5
Contenido de oxígeno [% en peso]	34,7
Número de Octano (valor medio entre MON y RON)	104,3
Número de cetano	5
Flash-point (C°)	464
Temperatura de ebullición (C°)	65
Tensión de vapor [kPa]	32
Estado	líquido
Aspecto	líquido

*Valor medio

Tabla 8. Parámetros del biometanol

En la cadena del biodiésel, el biometanol se puede utilizar como reactor en la transesterificación de los aceites vegetales.

1.4.1.8 BIODIMETILÉTER (BIO-DME)

El biodimetiléter es el dimetil éter obtenido por la biomasa. En el proceso productivo del bio-DME se usa la gasificación de la biomasa lignocelulósica para producir biometanol que se convierte sucesivamente en bio-DME. En la actualidad, se están optimizando algunas tecnologías que permiten la transformación directa del syngas en bio-DME. Tomando en consideración las propiedades físico-químicas del bio-DME, éste es indicado para la sustitución del gasoil en los motores de ciclo Diésel.

El bio-DME es gaseoso a temperatura ambiente y líquido si la presión es superior a 5 bares o con temperaturas inferiores a -25°C. Por lo general, es posible su uso en el estado líquido, operando con valores de presión del orden de 5-10 bares.

Características	Bio-DME *
Poder calorífico inferior (PCI) (MJ/kg)	28,3
Contenido de oxígeno [% en peso]	35
Número de cetano	57
Flash-point (C°)	292
Temperatura de ebullición (C°)	-23
Temperatura de inflamabilidad	-41
Densidad [kg/m3]	668 (líquido)
Estado	Gaseoso
Aspecto	Gaseoso incoloro

*Valor medio

Tabla 9. Parámetros del biodimetiléter

La investigación sobre las aplicaciones del bio-DME como carburante en el sector transporte se han iniciado recientemente y se ha notado que la predisposición de los motores necesitan la sustitución de algunos materiales, tales como los plásticos, los elastómeros y las gomas, los cuales pueden ser dañados por contacto con el bio-DME. Las operaciones de transporte, almacenamiento y distribución del biocarburante son similares a las adoptadas por el GPL.

1.4.1.9 BIO-MTBE (METILO TER BUTIL ÉTER)

El bio-MTBE se produce a partir del biometanol y se puede utilizar como antidetonante en los motores de ciclo Otto, como sustituto del MTBE de origen fósil. Sus características fisicoquímicas son de hecho parecidas al MTBE.

El bio-MTBE incrementa el número de octano de la gasolina sin disminuir su densidad energética o incrementar su volatilidad. Dado que en la reacción de síntesis participa el isobuteno de origen fósil, el bio-MTBE se considera biocarburante en la medida del porcentaje de biometanol presente en su composición, es decir, por un 36%. Con la progresiva eliminación del plomo de la gasolina, a partir de mediados de los años ochenta, el bio-MTBE ha llegado a ser uno de los componentes más utilizados para la formulación de las gasolinas: su coste y su toxicidad, inferiores a la del plomo tetra etilo y a las del benceno, han hecho crecer el uso del bio-MTBE como antidetonante en todas las gasolinas verdes y, en la actualidad, se usa en porcentajes que van desde el 7 hasta el 12 % en volumen.

El punto crítico principal, que penaliza el uso del bio-MTBE, es su elevada solubilidad en agua. Esta, junto con la modesta absorción de la fracción orgánica y mineral por el suelo y de la escasa degradación del bio-MTBE, representa una grave amenaza para la calidad de las aguas subterráneas.

1.4.1.10 BIOBUTANOL

El biobutanol es un biocarburante líquido, producido por la fermentación de los azúcares por medio del microorganismo *Clostridium acetobutylicum*, a partir de las mismas materias primas del bioetanol. Por sus propiedades, el biobutanol puede utilizarse en los motores a combustión interna de ciclo Diésel y Otto, de forma análoga al bioetanol.

Características	Biobutanol*
Poder calorífico inferior (PCI) (MJ/kg)	36
Contenido de oxígeno [% en peso]	22
Número de Octano (valor medio entre MON y RON)	87
Número de cetano	17
Flash-point (C°)	35
Temperatura de ebullición (C°)	118
Tensión de vapor [kPa]	32
Estado	líquido
Aspecto	líquido

*Valor medio

Tabla 10. Parámetros del biobutanol

El biobutanol presenta algunas características que favorecen su uso respecto al bioetanol. En primer lugar, es menos corrosivo y genera problemas en las infraestructuras existentes para la distribución de la gasolina. En segundo lugar, su mezcla con los carburantes fósiles es óptima y las mezclas no incurrir en la separación de las fases. Como resultado, el almacenamiento y la distribución del biobutanol son simplificadas. Frente a una densidad energética superior a la del bioetanol, el biobutanol evidencia valores más bajos por número de octano.

1.5 TIPOS DE BIORREFINERÍAS

En función de los productos deseados, una instalación de biorrefinería tratará de dirigir los procesos de transformación de la biomasa hacia el tipo de tecnologías más conveniente para tal fin. Así, se distinguen dos tipos de biorrefinerías: aquellas que buscan la producción energética y llevan a cabo una valorización posterior de las sustancias que no pueden ser aprovechadas energéticamente o que son generadas como residuos del proceso (por ejemplo, plantas de bioetanol con valorización de los DDG para alimento animal) y aquellas que dirigen su producción hacia la extracción de compuestos de alto valor añadido y emplean los residuos/subproductos generados como fuente de energía (biocombustibles, electricidad y/o calor). Un ejemplo de este último caso, puede corresponderse con las bodegas donde aparte de la producción de vino, se puede llevar a cabo una extracción de polifenoles de los restos de uva

para su uso como antioxidantes así como una revalorización energética del sarmiento y raspón, que de lo contrario no tendrían ningún uso.

Por otro lado, atendiendo al tipo de biomasa que se usa, se pueden distinguir cuatro tipos de biorrefinerías, que serán explicadas a continuación:

1.5.1 BIORREFINERÍA DE MATERIAL LIGNOCELULÓSICO

Este tipo de biorrefinerías, se corresponde con la valorización de los componentes de la biomasa lignocelulósica (celulosa, hemicelulosa y lignina) a través de procesos termoquímicos y bioquímicos, siendo el sector forestal el que mejor puede adaptar en sus instalaciones este tipo de procesos y en especial las industrias papeleras.

Las principales barreras que dificultan a día de hoy el establecimiento de este tipo de biorrefinerías son fundamentalmente tecnológicas, sobre todo en lo concerniente al fraccionamiento de los componentes de la biomasa y el pretratamiento necesario para el aprovechamiento de la lignina y celulosa. De hecho, esta etapa es una de las más costosas y menos desarrolladas dado que la heterogeneidad de la biomasa hace que no exista un pretratamiento válido para todas ellas. Hoy en día, la valorización que se lleva a cabo con los residuos generados en la fabricación de papel es el aprovechamiento energético de las lejías negras.

El desarrollo tecnológico permitirá la obtención de una gran variedad de productos industriales a partir de la celulosa y lignina contenidas en el tall oil, lejías negras y residuos forestales, pudiéndose integrar a la instalación los procesos de gasificación, pirólisis y fermentación para dar lugar a bioetanol, biomateriales, productos alimenticios y productos químicos, tales como adhesivos, dispersantes, pinturas, fármacos, textiles, etc.

1.5.2 BIORREFINERÍA DE MATERIAL CEREAL

Este concepto de biorrefinería en la actualidad se corresponde con las plantas de etanol que utilizan materias primas con alto contenido en almidón como son el maíz, la cebada y el trigo. Dichas plantas generan una serie de subproductos que pueden ser aprovechados con diversos fines, entre los que se encuentran los DDG, que por sus características alimenticias y su alto contenido en fibra vegetal, se utilizan como complemento alimenticio para el ganado. También, se pueden obtener otros co-productos como harinas, jarabe de maíz de alta concentración de fructosa, almidón, dextrosa, etc. los cuales pueden seguir rutas de procesamiento para la obtención de productos alimenticios, plásticos, pegamentos, adhesivos, etc.

La línea de productos podrá ampliarse cuando puedan aplicarse procesos termoquímicos y bioquímicos a la paja de cereal y al cañote de maíz, y así aprovechar el material lignocelulósico de la misma manera que ha sido descrito en las biorrefinerías de material lignocelulósico.

1.5.3 BIORREFINERÍAS DE SEMILLAS OLEAGINOSAS

Estas instalaciones se corresponden con las plantas de biodiésel que utilizan como materias primas cultivos con alto contenido en aceite como la colza, girasol y soja. Como co-productos se obtiene la glicerina así como otros componentes con alto contenido en proteína que se emplean para fines alimentarios. Por su parte, la glicerina puede utilizarse en los sectores farmacéutico, cosmético y químico para la fabricación de emulsiones, humectantes, jabones, plastificantes, resinas, lubricantes, etc.

Las futuras plantas de biodiésel se adaptarán para la utilización de materias primas no empleadas en la industria alimentaria (como la jatropha y la palma africana), cuya fracción lignocelulósica puede ser utilizada también para producir biogas. Asimismo, se espera además un desarrollo tecnológico que posibilite la extracción de productos químicos con un valor añadido a partir de glicerina vía conversión química y fermentación.

1.5.4 BIORREFINERÍAS VERDES

Las materias primas incluidas en este concepto de biorrefinería se corresponden a las biomásas con alto contenido en humedad tales como pastos y cultivos verdes (alfalfa y trébol) y los cereales en fase temprana de desarrollo así como otros cultivos como la patata, la yuca, la remolacha azucarera y la caña de azúcar. El sector más característico en el que se puede aplicar este tipo de concepto es la industria azucarera, en la cual durante el proceso industrial se generan dos líneas de productos: el jugo de prensado o jugo verde y la torta prensada.

El jugo de prensado o verde contiene una gran variedad de sustancias (proteínas, aminoácidos libres, ácidos orgánicos, tintes, enzimas, hormonas, otras sustancias orgánicas, minerales, etc.), y a partir de él puede llegar a obtenerse ácido láctico y sus derivados, aminoácidos, etanol y ciertas proteínas. La torta, rica en nutrientes, suele destinarse a la alimentación animal aunque también puede emplearse para la producción de ácido levulínico y biocombustibles sintéticos (gas de síntesis e hidrocarburos) y pellets. Asimismo, estos procesos dan lugar a diferentes residuos que pueden emplearse para la obtención de biogas, en combinación con la producción de calor y electricidad.

2. INTRODUCCIÓN

MODELOS MATEMÁTICOS

DE LOCALIZACIÓN.

2.1 OPTIMIZACIÓN

La optimización consiste en la selección de una alternativa mejor, en algún sentido, que las demás alternativas posibles.

En los problemas de optimización se distinguen principalmente 3 partes:

- **Función objetivo**

Es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar (maximizar o minimizar). Como ejemplo de funciones objetivo se pueden mencionar: la minimización de los costes, la maximización de los beneficios netos de venta de ciertos productos, la minimización del material utilizado en la fabricación de un producto, etc.

- **Variables**

Representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo. Desde un punto de vista funcional se pueden clasificar en variables independientes o principales o de control y variables dependientes o auxiliares, aunque matemáticamente todas son iguales.

- **Restricciones**

Representan el conjunto de relaciones (expresadas mediante ecuaciones e inecuaciones) que ciertas variables están obligadas a satisfacer.

Resolver un problema de optimización consiste en encontrar el valor que deben tomar las variables para hacer óptima la función objetivo satisfaciendo el conjunto de restricciones.

Los métodos de optimización se pueden clasificar en: métodos clásicos y métodos metaheurísticos (que aparecieron ligados a lo que se denominó inteligencia artificial e imitan fenómenos sencillos observados en la naturaleza). Dentro de los primeros se encuentra la optimización lineal, lineal entera mixta, no lineal, estocástica, dinámica, etc. En el segundo grupo se incluyen los algoritmos evolutivos (genéticos entre otros), el método del recocido simulado, las búsquedas heurísticas o los sistemas multiagente.

En la siguiente tabla se muestran las expresiones matemáticas generales de algunos tipos de problemas de optimización dentro de los métodos clásicos. Los problemas se distinguen por el carácter de las funciones que intervienen (lineales o no lineales) y de las variables (reales/continuas o enteras/discretas).

Programación lineal (linear programming) LP	$\min_x c^T x$ $Ax = b$ $x \geq 0$ $x \in \mathbb{R}^n, c \in \mathbb{R}^n, A \in \mathbb{R}^{m \times n}, b \in \mathbb{R}^m$
Programación lineal entera mixta (mixed integer programming) MIP	$\min_x c^T x + d^T y$ $Ax + By = b$ $x, y \geq 0$ $x \in \mathbb{Z}^n, y \in \mathbb{R}^l, c \in \mathbb{R}^n, d \in \mathbb{R}^l$ $A \in \mathbb{R}^{m \times n}, B \in \mathbb{R}^{m \times l}, b \in \mathbb{R}^m$
Programación cuadrática (quadratic programming) QP	$\min_x c^T x + \frac{1}{2} x^T Q x$ $Ax = b$ $x \geq 0$ $x \in \mathbb{R}^n, c \in \mathbb{R}^n, A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ $Q \in \mathbb{R}^{n \times n}, b \in \mathbb{R}^m$
Programación no lineal (non linear programming) NLP	$\min_x f(x)$ $g(x) = 0$ $h(x) \leq 0$ $l \leq x \leq u$ $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ $g, h: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$

Tabla 11. Clasificación problemas de optimización

Existen decisiones que no pueden ser representadas de forma adecuada mediante variables continuas. Algunas son binarias (como localización de plantas o almacenes) o variables discretas (como adquisición de equipos singulares). Los problemas lineales con variables enteras se pueden clasificar en: programación entera pura PIP (pure integer programming) si todas las variables son enteras, programación entera binaria BIP (binary integer programming) si todas las variables son binarias o programación lineal entera mixta MIP (mixed integer programming) si algunas son enteras o binarias y el resto continuas.

Existen algunos tipos de problemas de optimización que alteran ligeramente este esquema:

- **Sistemas de ecuaciones lineales – no lineales**
No existe una función objetivo como tal. Únicamente interesa encontrar una solución factible a un problema con un conjunto de restricciones.
- **Optimización sin restricciones**
Se trata de encontrar el conjunto de valores de las variables que determinan el mínimo/máximo de una función.
- **Optimización multiobjetivo**
Existe más de una función objetivo. El problema que se plantea es cómo tratar varias funciones objetivo a la vez, teniendo en cuenta que el óptimo para un objetivo no lo es para el otro, son objetivos en conflicto entre sí. Ésta se enmarca dentro de lo que se conoce de forma más general como decisión multicriterio MCDM (multicriteria decision making).

Problema mixto complementario (mixed complementarity problem) MCP	$xF(x) = 0$ $x \in \mathbb{R}^n$ $F : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$
Optimización no lineal sin restricciones	$\min_x f(x)$ $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$
Programación multiobjetivo (multiobjective programming)	$\min_x (f_1(x), \dots, f_k(x))$ $Ax = b$ $x \geq 0$ $x \in \mathbb{R}^n, c \in \mathbb{R}^n, A \in \mathbb{R}^{m \times n}, b \in \mathbb{R}^m$ $f_i(x) : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$

Tabla 12. Clasificación problemas de optimización especiales

2.2 MODELOS DE OPTIMIZACIÓN

2.2.1 MODELO Y MODELADO

Un modelo es una representación matemática simplificada de una realidad compleja. Modelar es la acción de construir un modelo, de encorsetar la realidad. Implica la relación entre dos figuras: el modelador (encargado de la especificación y desarrollo del modelo) y el experto sobre la realidad (conocedor del problema real). La mayoría de las veces, el desarrollo de un modelo puede involucrar a un equipo multidisciplinar compuesto por matemáticos, científicos, ingenieros, economistas, etc. que aportan diferentes perspectivas y conocimiento en la representación de la realidad. Un modelo debe equilibrar la necesidad de contemplar todos los detalles con la factibilidad de encontrar técnicas de solución adecuadas.

Un modelo es, en definitiva, una herramienta de ayuda a la toma de decisiones. Por esta razón, sus resultados deben ser inteligibles y útiles. Modelar es una ciencia pues se basa en un conjunto de procesos estructurados: análisis y detección de las relaciones entre los datos, establecimiento de suposiciones y aproximaciones en las representaciones de los problemas, desarrollo o uso de algoritmos específicos de solución.

2.2.2 ETAPAS DE DESARROLLO DE UN MODELO

Las etapas que componen el ciclo de vida de un modelo son las siguientes:

- **Identificación del problema**

Consiste en la recolección y análisis de la información relevante para el problema. Los problemas reales suelen estar definidos en términos vagos e imprecisos. Se debe hacer la tarea de traducción o interpretación en frases sencillas, convertibles en ecuaciones matemáticas. Esta etapa es fundamental para que las soluciones proporcionadas sean útiles.

- **Especificación matemática y formulación**

Es la escritura matemática del problema de optimización, definiendo sus variables, sus ecuaciones, su función objetivo, sus parámetros, etc. En esta etapa se analiza el tamaño del problema, la estructura de la matriz de restricciones, su tipo (LP, MIP, NLP). Es una etapa de creación donde se debe prestar especial atención a la precisión en la formulación y a la estructura de las ecuaciones que describen el problema.

En los casos del NLP y MIP, la elección de la formulación de un problema es crucial para la resolución del mismo. En los problemas MIP la calidad de una formulación se mide por la cercanía entre la envoltura convexa del poliedro de soluciones enteras factibles y la del poliedro del problema MIP relajado linealmente.

La caracterización de un problema LP según su tamaño, ha sufrido un gran cambio desde los recientes desarrollos de algoritmos simplex mejorados y, sobre todo, desde la aparición de los métodos de punto interior. En la siguiente tabla se establece una clasificación.

	Restricciones	Variables
Caso ejemplo	100	100
Tamaño medio	10000	10000
Gran tamaño	100000	100000
Muy gran tamaño	> 100000	> 100000

Tabla 13. Clasificación tamaño problemas de optimización LP

En lo referente a MIP o NLP ni siquiera se pueden dar criterios generales de tamaño ya que la dificultad de resolución no tiene por qué estar ligada al tamaño del problema.

- **Resolución**

Se trata de implantar un algoritmo de obtención de la solución numérica (muy próxima a la matemática) óptima o cuasióptima. El algoritmo puede ser de propósito general (método simplex) o específico. Puede haber diferentes métodos de solución de un problema o diferentes implantaciones de un mismo método. El tiempo de resolución de

un problema también puede depender drásticamente de cómo esté formulado. La solución óptima debe ser suficiente satisfactoria.

- ***Verificación, validación y refinamiento***

Esta etapa conlleva la eliminación de los errores en la codificación, es decir, conseguir que el modelo haga lo que se ha especificado matemáticamente en la etapa anterior mediante su escritura en un lenguaje informático (depurar y verificar). Es necesario comprobar la validez de las simplificaciones realizadas a través de los resultados obtenidos, incluso contrastando éstos con situaciones reales ya transcurridas (validar) o comprobando que los resultados son coherentes con respecto a lo que sucedería en la realidad.

Esta etapa de verificación, validación y comprobación da lugar a nuevas necesidades de refinamiento en el modelado para mejorar la capacidad de representación del sistema. Por ejemplo, eliminar la linealidad y hacer el modelo no lineal o hacer el modelo estocástico si la realidad lo fuera. Además, también se puede abordar el refinamiento matemático en la formulación del problema para hacerlo más eficaz.

- ***Interpretación y análisis de los resultados***

Esta etapa consiste en proponer soluciones. Permite conocer en detalle el comportamiento del modelo al hacer un análisis de sensibilidad en los parámetros de entrada, estudiar diferentes escenarios plausibles de los parámetros, detectar soluciones alternativas cuasióptimas per suficientemente atractivas, comprobar la robustez de la solución óptima.

- ***Implantación, documentación y mantenimiento***

Ésta es una etapa fundamental del desarrollo de un modelo para garantizar su amplia difusión. La documentación ha de ser clara, precisa y completa. El manual de usuario debe incluir la especificación técnica funcional, matemática e informática. El propio código debe incluir una buena documentación para facilitar la tarea del mantenimiento. Piénsese que la mayor parte del ciclo de vida de un modelo no está en el desarrollo sino en la fase de uso y mantenimiento. En esta etapa se incluye también la tarea de formación para los usuarios del modelo.

3. OBJETIVO DEL PROYECTO

Con el presente trabajo se ha pretendido realizar una primera aproximación al mundo de la optimización de problemas de localización, tomando un enfoque de carácter profesional.

Simultáneamente, se ha considerado la realización de un ejercicio autodidáctico y con carácter formativo, que aporte conocimientos útiles para una próxima inserción en el mundo profesional. Un ejemplo de ello es el aprendizaje por parte del proyectante del manejo de un software informático de optimización, como es GAMS.

El objetivo del proyecto fin de carrera es obtener la ubicación óptima de una biorrefinería en la ribera del río Ebro a su paso por las comunidades autónomas de La Rioja y Navarra, con los menores costes medioambientales y económicos.

Se supone que la biorrefinería, se centra en la producción de bioetanol, un combustible sustitutivo de la gasolina. Para su obtención, la biorrefinería necesita abastecerse principalmente de los siguientes cultivos de la zona; cereales de invierno, maíz, alfalfa y colza. La elección de la ubicación dependerá de la cantidad de producción de cada municipio, que logre abastecer la necesidad de la biorrefinería, del coste económico y del impacto ambiental. Además, esta ubicación deberá minimizar los costes de transporte, es decir, se deberán obtener las rutas medioambientales y económicamente más baratas. El transporte utilizado será el de mercancías.

Para elegir la ubicación óptima se estudiarán todos los posibles emplazamientos dentro de los polígonos industriales de Navarra y La Rioja, estableciendo todas las posibles rutas de abastecimiento realizando un análisis económico y medioambiental de cada una de ellas. Ya que el primer objetivo es minimizar los costes. Además combinamos el estudio económico con un estudio medioambiental ya que una de las características de las biorrefinerías es la responsabilidad social preocupándose por el impacto que se genera en el medioambiente y en las personas. La medición del impacto medioambiental está basado en las emisiones de gases de los camiones utilizados para abastecer la biorrefinería.

4. RECOPILOACIÓN Y PRESENTACIÓN DE DATOS

La ubicación de la biorrefinería está centrada en los inputs, que en este caso son los diferentes cultivos de los que se puede abastecer la planta. Su ubicación, por tanto, dependerá mayormente del precio de los diferentes cultivos y de la distancia hasta ellos.

Los datos de entrada que se van a manejar son:

- La producción en toneladas de todos los municipios de La Rioja, la Ribera de Navarra y la Ribera Estellesa.
- La ubicación de los municipios productores de la biomasa y de los polígonos, que son las potenciales localizaciones.
- Los precios de los diferentes cultivos y del transporte.

4.1 CULTIVOS/MUNICIPIOS

La planta se va a centrar en la producción de Bioetanol, dentro de los posibles cultivos presentes en la zona en la que se quiere ubicar la biorrefinería, se han elegido cuatro tipos de cultivos:

- **Cereales de invierno**
En este grupo están incluidos el trigo, centeno, triticale y avena.
- **Maíz**
- **Colza**
- **Alfalfa**

Los cereales de invierno, el maíz y la alfalfa son considerados cultivos de biomasa amilácea y la colza un cultivo oleaginoso.

En total, se han analizado y obtenido datos de 181 municipios, 49 municipios de la comunidad Foral de Navarra y 132 municipios de La Rioja.

En el siguiente mapa podemos observar la distribución de los 181 cultivos, de los cuáles puede abastecerse la biorrefinería.

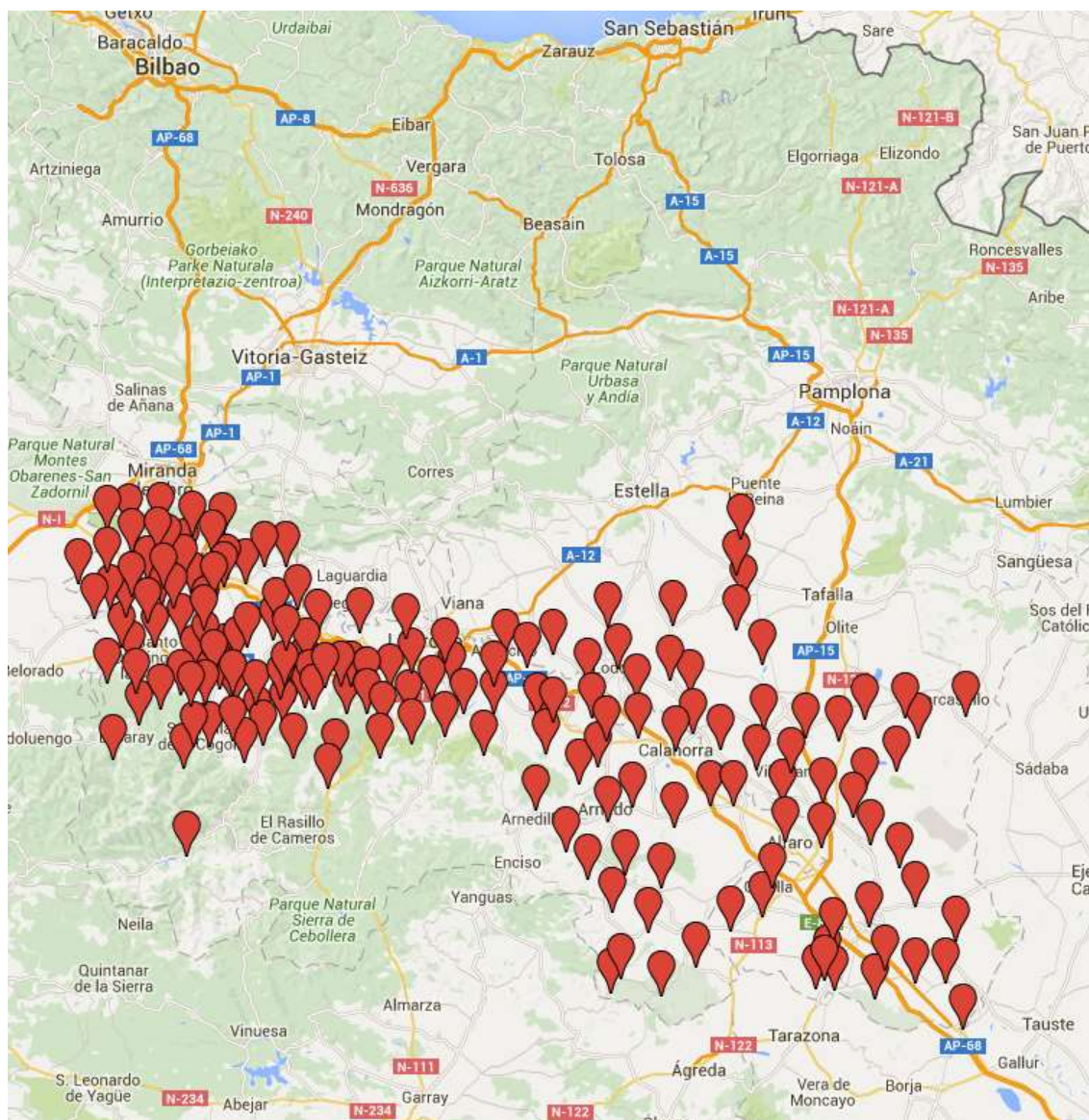


Figura 15. Ubicación de los 181 cultivos

4.1.1 CULTIVOS EN LA RIBERA DE NAVARRA Y LA RIBERA ESTELLESA

Lo primero que se debe obtener es la ubicación de los cultivos, para ello tenemos los municipios con sus coordenadas geográficas (latitud y longitud), esto se puede observar en el punto 9.2 del anexo.

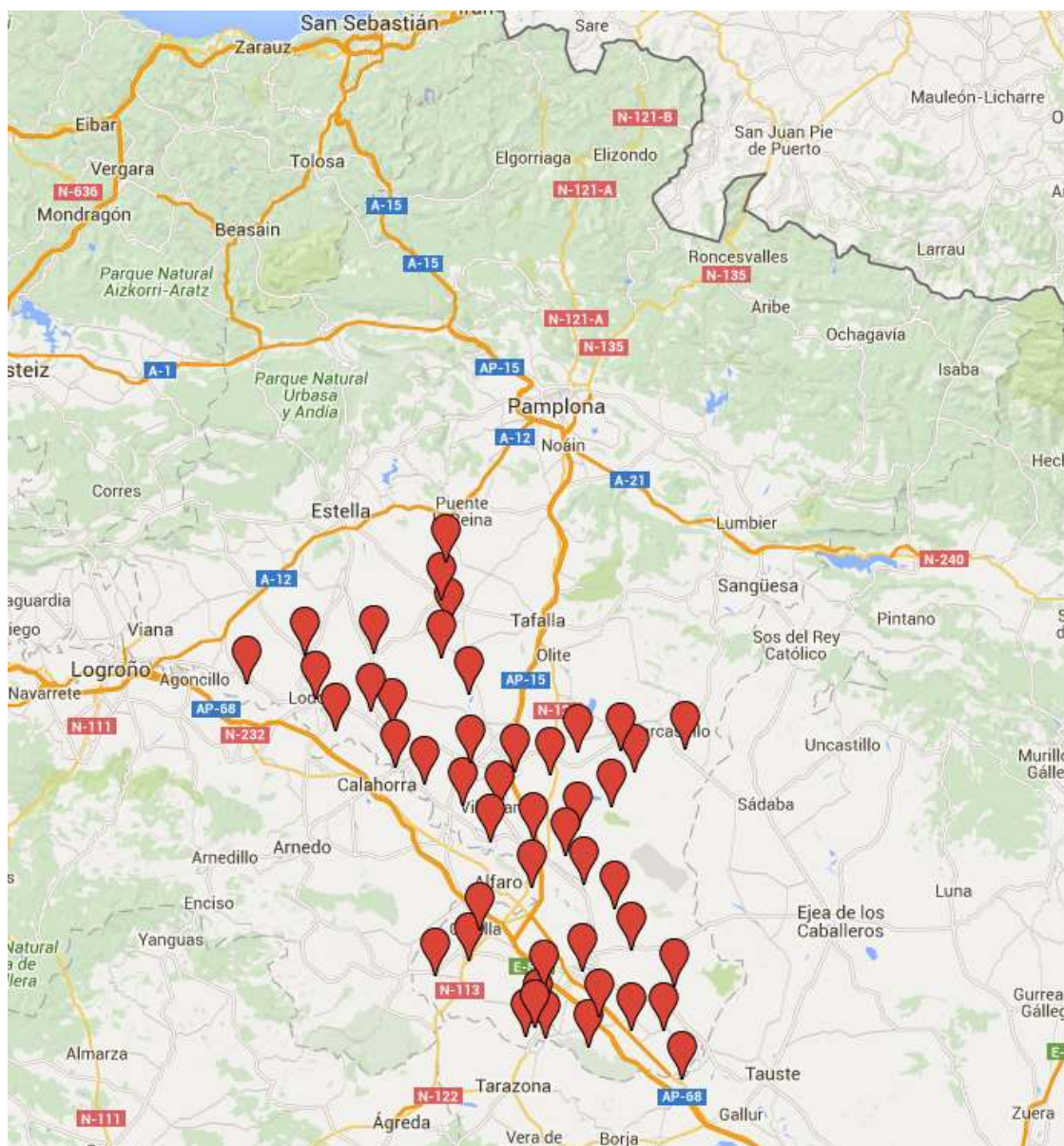


Figura 16. Ubicación de los 49 municipios analizados de la comunidad Foral de Navarra

Posteriormente, se recopilaban las producciones de los últimos 5 años de cada municipio. Los cultivos analizados, como previamente se han introducido, son cultivos de invierno, maíz, colza y alfalfa. Los datos se facilitan en toneladas/año.

Municipio	Prod. Cereales Invierno (tn/año)	Prod. Colza (tn/año)	Prod. Maíz (tn/año)	Prod. Alfalfa (tn/año)
Ablitas	2831	0	105	3869
Andosilla	2602	0	0	261
Arguedas	2039	0	900	3921
Azagra	133	0	0	105
Bardenas Reales 1	2372	0	203	993
Bardenas Reales 2	2372	0	203	993
Bardenas Reales 3	2372	0	203	993
Bardenas Reales 4	2372	0	203	993
Bardenas Reales 5	2372	0	203	993
Barillas	87	0	6	0
Berbinzana	1566	58	150	523
Buñuel	1416	0	0	51237
Cabanillas	941	0	813	7320
Cadreita	842	0	1599	5751
Caparroso	6817	0	2070	5489
Cárcar	2929	0	0	157
Carcastillo	12625	65	723	28756
Cascante	4915	0	300	4183
Castejón	598	0	432	5490
Cintruénigo	1855	0	0	941
Corella	3092	0	60	3242
Cortes	2073	0	2610	26664
Falces	11274	0	1173	2353
Fitero	361	0	0	627
Fontellas	738	0	816	6535
Funes	2784	0	1584	2876
Fustiñana	1568	0	720	8627
Larraga	12117	58	960	275
Lerín	15332	0	0	402
Lodosa	3379	0	120	2196
Marcilla	1505	0	564	7320
Mélida	2941	0	1563	4444
Mendavia	6094	58	396	12548
Mendigorría	4200	269	2085	418
Milagro	772	0	1107	7006
Miranda de Arga	3173	524	1635	1307
Monteagudo	1056	0	75	52
Murchante	190	0	153	4339
Murillo el Cuende	4978	0	2259	10875
Peralta	6026	0	3303	16208
Ribaforada	1520	0	1188	21627

San Adrián	502	0	36	418
Santacara	3481	0	876	680
Sartaguda	624	0	18	1150
Sesma	12219	37	0	0
Tudela	8185	0	3663	33723
Tulebras	175	0	3	157
Valtierra	1768	0	1746	3242
Villafranca	709	0	4875	9777

Tabla 14. Producción anual de los 49 municipios navarros

Se puede observar la representación gráfica de la cantidad de producción por cada cultivo. Que muestra rápidamente como se distribuyen en esta zona de estudio, de la Ribera de Navarra y Ribera Estellesa.

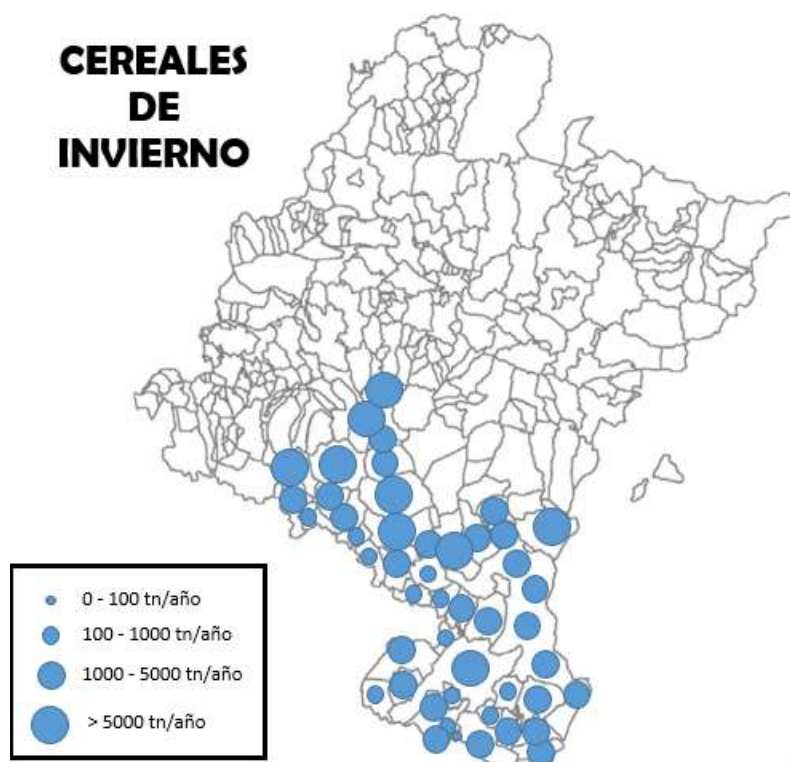


Figura 17. Representación de la cantidad de producción de cereales de invierno



Figura 18. Representación de la cantidad de producción de colza

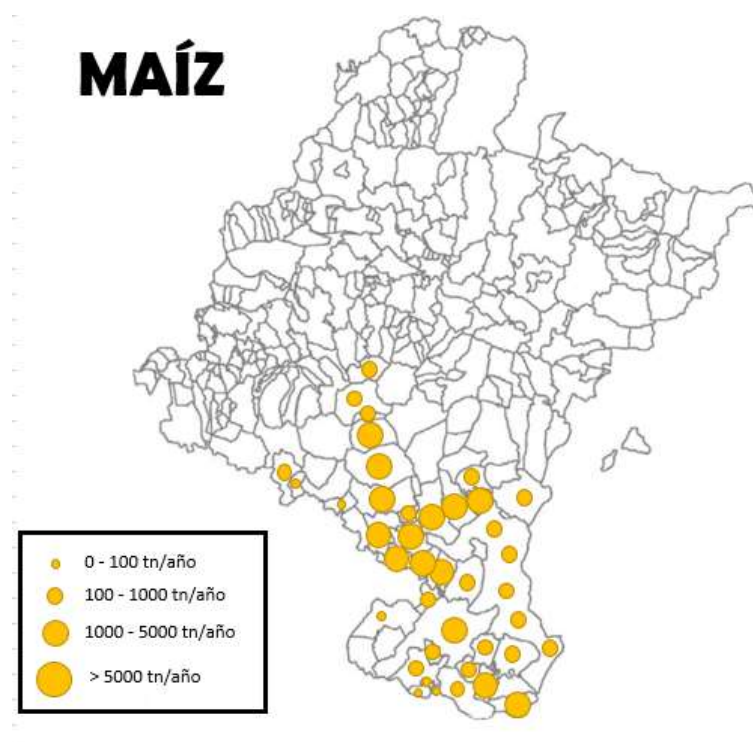


Figura 19. Representación de la cantidad de producción de maíz

ALFALFA

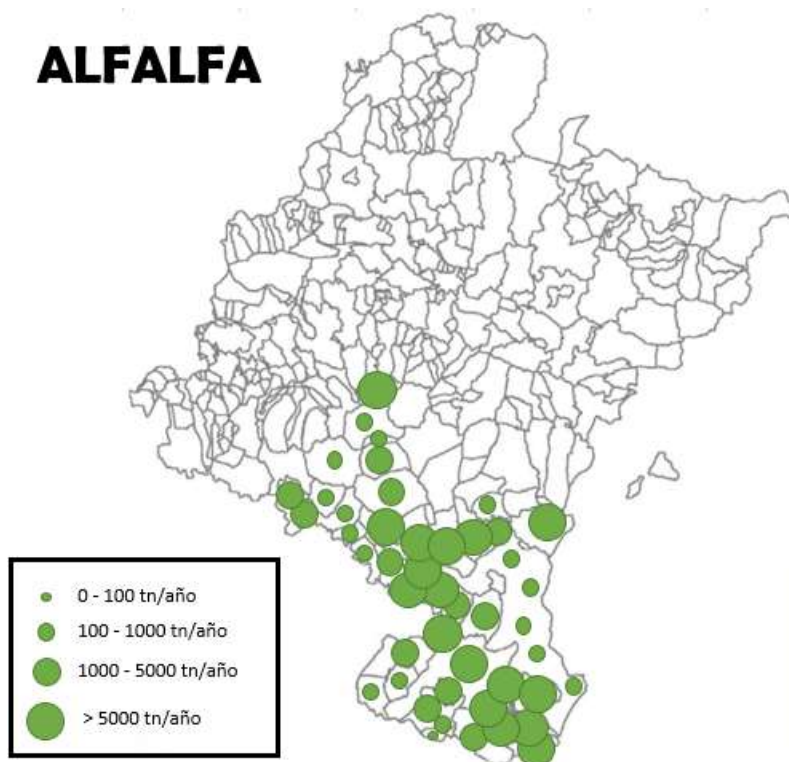


Figura 20. Representación de la cantidad de producción de alfalfa

4.1.2 CULTIVOS EN LA RIOJA

Se presenta la ubicación de los cultivos de La Rioja, para ello tenemos los municipios con sus coordenadas geográficas (latitud y longitud), que se pueden observar en el punto 9.3 del anexo.

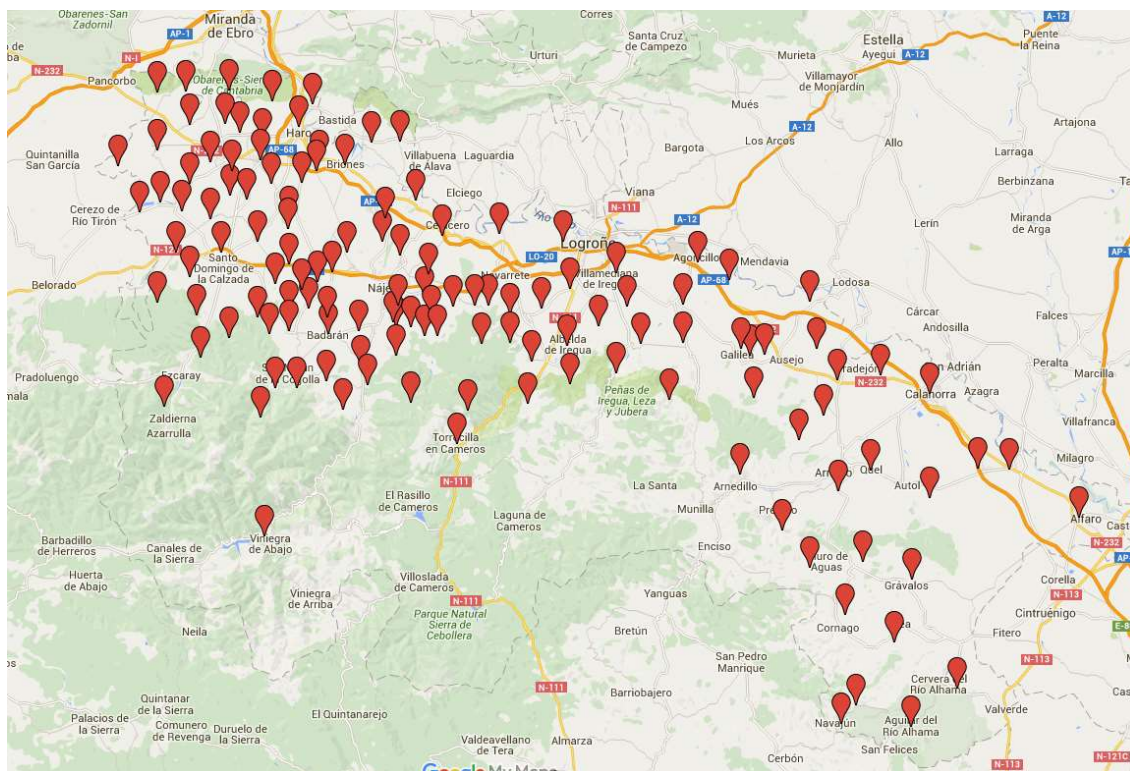


Figura 21. Ubicación de los 132 municipios analizados de La Rioja

Posteriormente, se recopilaron las producciones de los últimos 5 años de cada municipio. Los cultivos analizados, como previamente se han introducido, son cultivos de invierno, maíz, colza y alfalfa. Los datos se facilitan en toneladas/año.

Municipio	Prod. Cereales Invierno (tn/año)	Prod. Colza (tn/año)	Prod. Maíz (tn/año)	Prod. Alfalfa (tn/año)
Abalos	291	0	0	0
Agoncillo	5190	0	10	96
Aguilar del río Alhama	985	0	144	22
Albelda de Iregua	1501	0	0	95
Alberite	4210	0	40	202
Alcanadre	1070	0	40	13
Aldeanueva de Ebro	311	0	45	94
Alesanco	3790	0	0	0

Alesón	760	0	0	27
Alfaro	7113	0	3124	1488
Anguciana	951	0	0	18
Anguiano	201	0	25	25
Arenzana de abajo	269	0	0	16
Arenzana de arriba	464	0	0	15
Arnedillo	6	0	0	6
Arnedo	1008	0	0	58
Arrúbal	408	0	86	432
Ausejo	4961	0	0	72
Autol	453	0	0	14
Azofra	2279	0	111	50
Badarán	4106	0	0	44
Bañares	10614	0	0	22
Baños de Rioja	2907	0	0	17
Baños de Río Tobía	1281	0	183	161
Berceo	2343	0	0	0
Bergasa	302	0	0	0
Bezares	860	0	0	24
Bobadilla	371	0	0	0
Briñas	23	0	0	0
Briones	7233	45	0	24
Calahorra	1412	0	1472	1876
Camprovín	409	0	0	212
Canillas de Río Tuerto	935	0	0	0
Cañas	3062	0	14	31
Cárdenas	399	0	0	0
Casalarreina	1744	0	0	0
Castañares de Rioja	2583	0	18	15
Cellorigo	3488	0	0	0
Cenicero	274	0	0	0
Cervera del Río Alhama	2963	0	221	105
Cidamón	4750	0	306	0
Cihuri	1720	0	0	172
Cirueña	4192	300	0	0
Clavijo	2059	0	0	21
Cordovín	695	0	0	0
Corera	1145	0	0	0
Cornago	181	0	0	52
Corporales	2516	66	182	0
Cuzcurrita de Río Tirón	3470	0	0	24
Daroqa de Rioja	75	0	0	33
Entrena	1046	0	0	128
Estollo	3007	0	0	8
Ezcaray	5	0	0	12

Foncea	4594	0	0	0
Fonzaleche	4509	0	0	33
Fuenmayor	572	0	0	77
Galbárruli	2569	0	0	7
Galilea	1280	0	0	8
Gimileo	621	0	0	0
Grañon	11148	98	0	0
Grávalos	1698	0	0	0
Haro	4125	0	0	30
Herramélluri	4569	214	96	0
Hervías	5738	64	0	0
Hormilla	3409	0	8	71
Hormilleja	1116	0	0	18
Hornos de Moncalvillo	148	0	0	0
Huércanos	1390	0	0	12
Igea	138	0	0	78
Lagunilla de Jubera	1618	0	0	12
Lardero	1183	0	25	114
Leiva	5151	132	0	0
Leza del Río Leza	16	0	0	12
Logroño	4760	0	72	168
Manjarrés	1008	0	0	12
Manzanares de Rioja	3543	162	0	0
Matute	2665	281	0	8
Medrano	50	0	0	7
Murillo de Río Leza	7324	0	0	114
Muro de Aguas	783	0	0	66
Nájera	489	0	0	66
Nalda	289	0	0	30
Navajún	336	0	0	0
Nestares	40	0	0	74
Ocón	3265	300	0	12
Ochánduri	4383	0	0	0
Ojacastro	62	0	0	6
Ollauri	330	0	0	0
Pedroso	31	0	0	8
Pradejón	2269	0	72	24
Préjano	10	0	0	24
Quel	410	0	0	0
Redal	809	0	0	0
Ribafrecha	5467	0	106	218
Rincón de Soto	608	0	186	192
Rodezno	3408	0	0	0
Sajazarra	2530	0	0	6
San Asensio	1120	0	0	14

San Millán de la Cogolla	2536	0	0	6
San Millán de Yécora	4029	0	0	0
Santa Coloma	1350	0	0	6
Santa Engracia del Jubera	6770	0	0	18
Santo Domingo de la Calzada	13229	0	0	12
San Torcuato	3532	0	400	24
Santurde de Rioja	1464	0	0	18
Santurdejo	1501	12	0	60
San Vicente de la Sonsierra	687	0	0	0
Sojuela	390	0	0	9
Sorzano	1782	0	0	24
Sotés	402	0	0	36
Tirgo	1869	0	42	66
Tormantos	4453	78	0	0
Torrecilla en Cameros	439	0	0	102
Torrecilla sobre Alesanco	1060	0	0	0
Torremontalbo	96	0	0	0
Treviana	14090	0	0	0
Tricio	1390	0	0	0
Tudelilla	449	0	0	12
Uruñuela	784	0	0	8
Valdemadera	456	0	0	0
Ventosa	1043	0	0	22
Viguera	44	0	0	7
Villalba de Rioja	484	0	0	0
Villalobar de Rioja	4383	0	0	0
Villamediana de Iregua	2675	0	241	87
Villar de Arnedo	1248	0	0	0
Villar de Torre	3146	0	0	0
Villarejo	1305	0	0	0
Villarroya	404	0	0	0
Villarta-Quintana	3733	32	0	8
Villaverde de Rioja	688	0	0	18
Zarrazón	5327	0	0	42

Tabla 15. Producción anual de los 132 cultivos de La Rioja

Se puede observar la representación gráfica de la cantidad de producción por cada cultivo. Que muestra rápidamente como se distribuyen dentro de la comunidad autónoma de La Rioja.

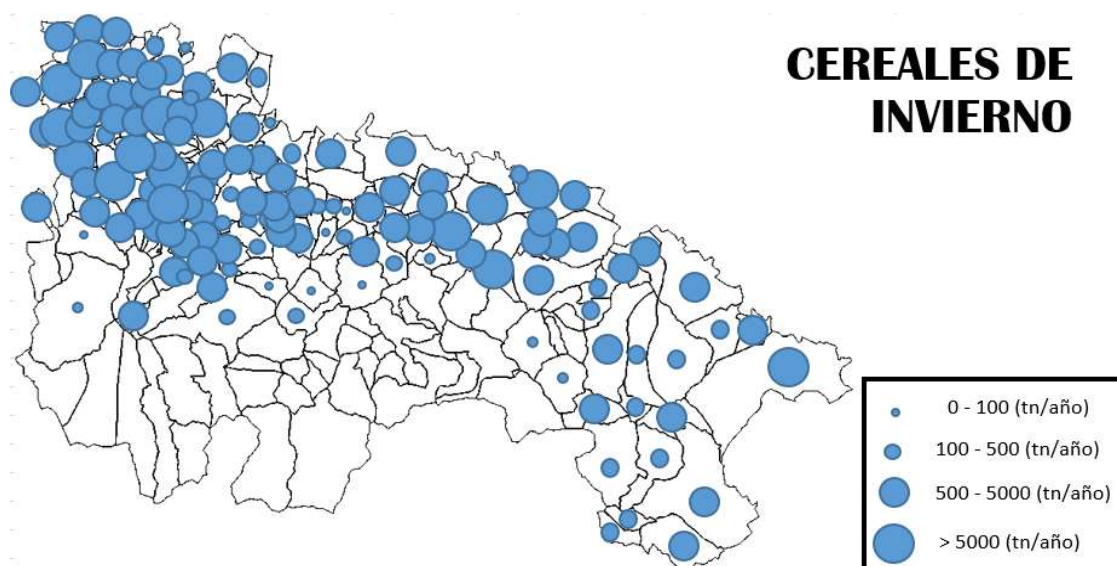


Figura 22. Representación de la cantidad de producción de cereales de invierno en La Rioja



Figura 23. Representación de la cantidad de producción de colza en La Rioja

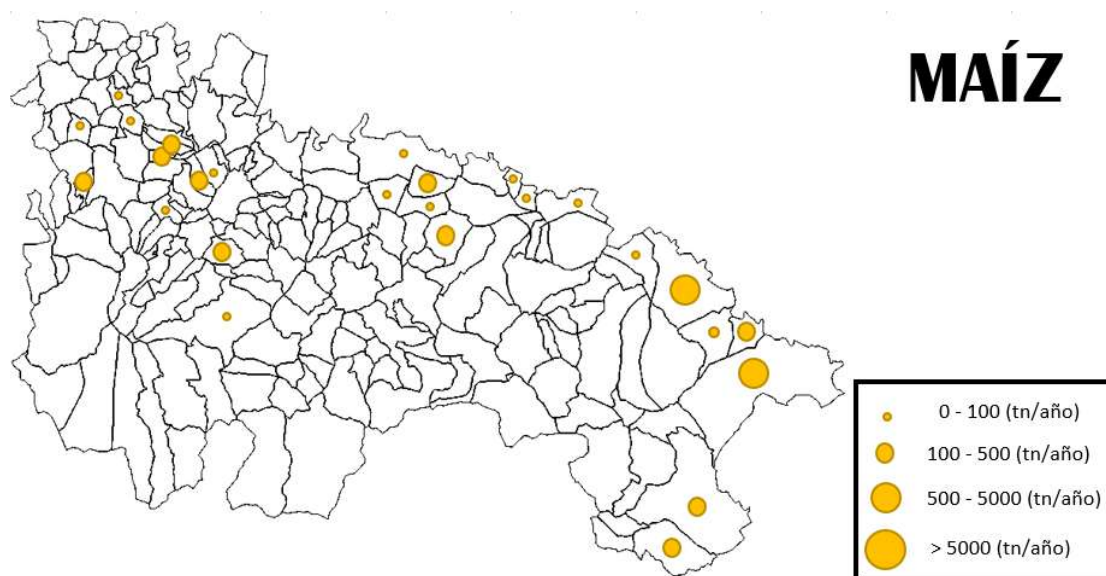


Figura 24. Representación de la cantidad de producción de maíz en La Rioja

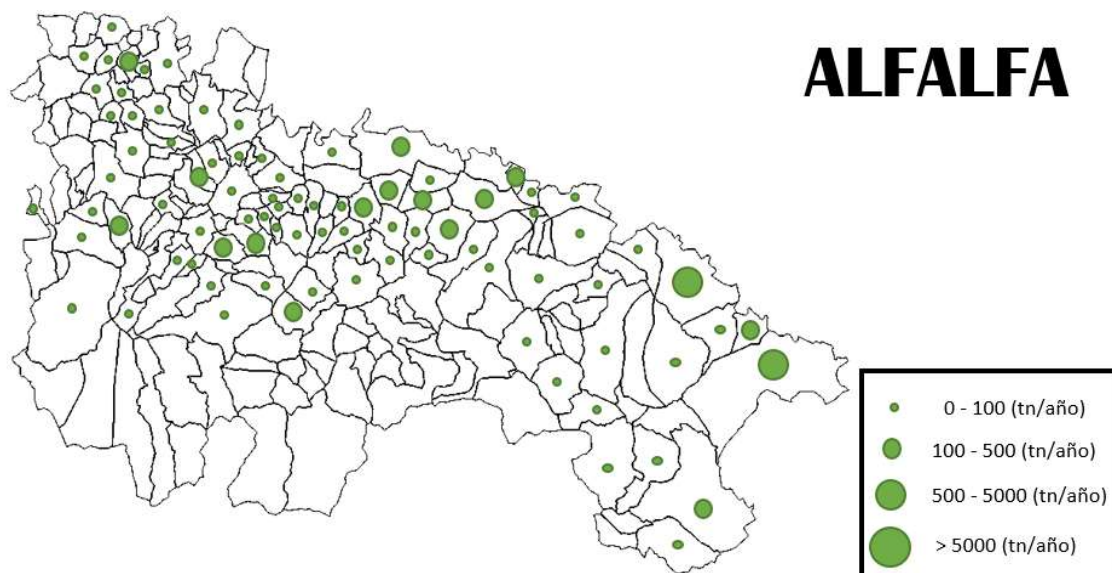


Figura 25. Representación de la cantidad de producción de alfalfa en La Rioja

4.2 POTENCIALES LOCALIZACIONES

La biorrefinería, como planta de grandes dimensiones, establecemos su futura ubicación en los polígonos industriales, principalmente por 3 motivos:

- Situación relativamente alejada del núcleo urbano, con lo que se evitan las molestias que se puedan causar (ruidos, trasiego de mercancías, etc.) como cualquier otra planta industrial.
- Situación cercana a las vías de comunicación, lo que posibilita transportes de mercancías más rápidos.
- Infraestructuras ajustadas a las necesidades (suministro de agua, energía eléctrica, gas, fibra óptica, etc.)

La zona potencial, es la misma que la zona de los cultivos, es decir, la comunidad autónoma de La Rioja y las regiones de la comunidad Foral de Navarra: Ribera de Navarra y Ribera Estellesa.

En total hay 59 polígonos industriales, 27 en territorio de la comunidad Foral de Navarra y 32 en territorio de la comunidad autónoma de La Rioja.

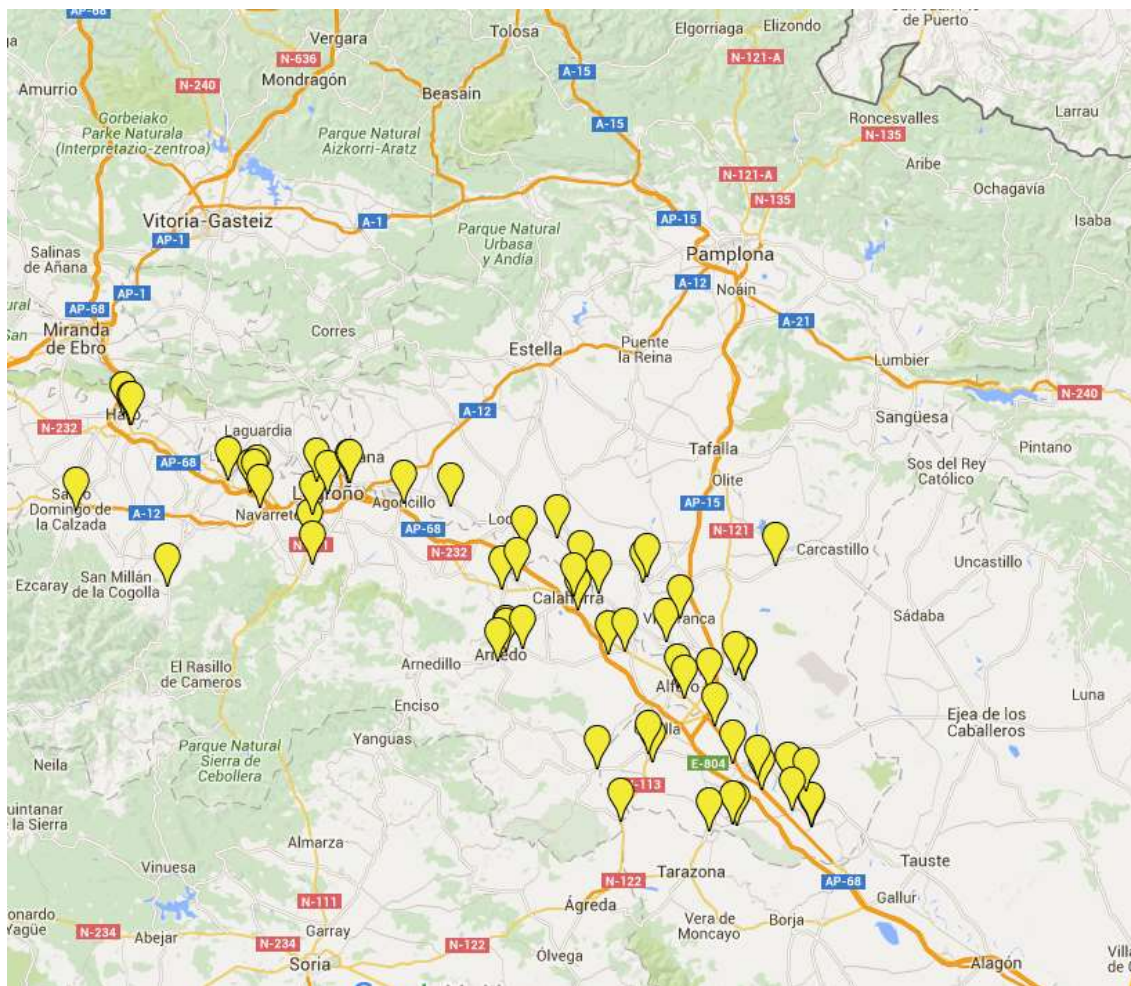


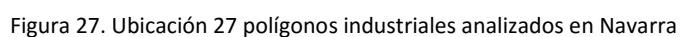
Figura 26. Ubicación 59 polígonos industriales analizados

4.2.1 POLÍGONOS INDUSTRIALES EN NAVARRA

Al igual que en el caso de los cultivos, lo primero que se debe obtener es la ubicación de los polígonos, para ello tenemos los polígonos con sus coordenadas geográficas (latitud y longitud).

Potenciales Localizaciones	Latitud	Longitud
P. I. Ablitas	41.9732069	-1.631845
P. I. Agrícola (Ablitas)	41.9761395	-1.6408561
P. I. Arguedas	42.1870008	-1.6175479
P. I. Azagra	42.3156981	-1.9067447
P. I. Buñuel	41.9729044	-1.4852668
P. I. Cabanillas	42.0248053	-1.4941754
P. I. Cadreita	42.1869585	-1.6177815
P. I. I (Cintruénigo)	42.0679506	-1.7993696
P. I. II (Cintruénigo)	42.0800902	-1.8062402
P. I. Corella	42.1215456	-1.6767002
P. I. Cortes	41.9743635	-1.4826906
P. I. Fontellas	42.0267281	-1.5809482
P. I. Fustiñana	42.0248053	-1.4941754
P. I. Artesanía (Lodosa)	42.3976105	-1.9895742
P. I. Mélida	42.3556581	-1.555705
P. I. Mendavia	42.4439698	-2.1993337
P. I. Milagro	42.2441798	-1.770859
P. I. Monteagudo	41.9659649	-1.6861078
P. I. El Escopar (Peralta)	42.3324946	-1.8169961
P. I. Garantúa (Peralta)	42.3400623	-1.8088595
P. I. Pedriñal (Ribaforada)	41.9966692	-1.5213471
P. I. San Adrián	42.345279	-1.9423635
P. I. Cerradilla (Sartaguda)	42.3816212	-2.055491
P. I. Las Labradas (Tudela)	42.0652894	-1.6384287
P. I. La Barrena (Tudela)	42.0430774	-1.590515
P. I. Valtierra	42.1967999	-1.6348557
P. I. Las Varales (Villafranca)	42.2784669	-1.7453642

Tabla 16. Coordenadas geográficas de los polígonos industriales analizados en Navarra



4.2.2 POLÍGONOS INDUSTRIALES EN LA RIOJA

Se tienen los polígonos de La Rioja con sus coordenadas geográficas (latitud y longitud).

Potenciales Localizaciones	Latitud	Longitud
P. I. El Sequero (Agoncillo)	42.4475004	-2.2933205
P. I. El Juncal (Albelda de Iregua)	42.3910525	-2.4808173
P. I. La Yasa (Albelda de Iregua)	42.3579176	-2.4741454
P. I. El Tapias (Aldeanueva de Ebro)	42.2266943	-1.8868324
P. I. El Pilar (Alfaro)	42.1772977	-1.7502311
P. I. Tambarría (Alfaro)	42.1623754	-1.735279
P. I. El Raposal I (Arnedo)	42.2346869	-2.0900742
P. I. El Raposal II (Arnedo)	42.2299681	-2.0890759
P. I. Planarresano (Arnedo)	42.2159293	-2.1075692
P. I. Los Espinos (Baños de Río Tobía)	42.3268229	-2.7636693
P. I. Las Tejerías (Calahorra)	42.2912485	-1.9465764
P. I. La Azucarera (Calahorra)	42.3120315	-1.9551331
P. I. La Maladilla (Cenicero)	42.4812668	-2.6420245
P. I. Larrate (Cervera del Río Alhama)	42.0567728	-1.9095674
P. I. Valverde (Cervera del Río Alhama)	41.9799091	-1.861406
P. I. El Rotulo (El Villar de Arnedo)	42.3218368	-2.0971693
P. I. El Hornillo (Fuenmayor)	42.4634939	-2.5984857
P. I. La Zanussi (Fuenmayor)	42.4703089	-2.5850981
P. I. El Buicio (Fuenmayor)	42.4646285	-2.5912804
P. I. Entrecarreteras (Haro)	42.5768716	-2.8502302
P. I. Agroalimentario (Haro)	42.5641938	-2.8371154
P. I. Fuenteciega (Haro)	42.5640997	-2.8351733
P. I. La Variante (Lardero)	42.4311883	-2.4740872
P. I. El Cortijo (Logroño)	42.4806504	-2.4675236
P. I. La Portalada (Logroño)	42.4627195	-2.4449852
P. I. Cantabria I (Logroño)	42.4776391	-2.4035483
P. I. Cantabria II (Logroño)	42.4774271	-2.4015225
P. I. Lentiscare (Navarrete)	42.4412628	-2.5777931
P. I. El Salegón (Pradejón)	42.3334209	-2.0689709
P. I. Moreta (Quel)	42.2341469	-2.0564571
P. I. Martín Grande (Rincón de Soto)	42.2296361	-1.8543946
P. I. San Lázaro (Santo Domingo de la Calzada)	42.438168	-2.9452768

Tabla 17. Coordenadas geográficas de los polígonos industriales analizados en La Rioja

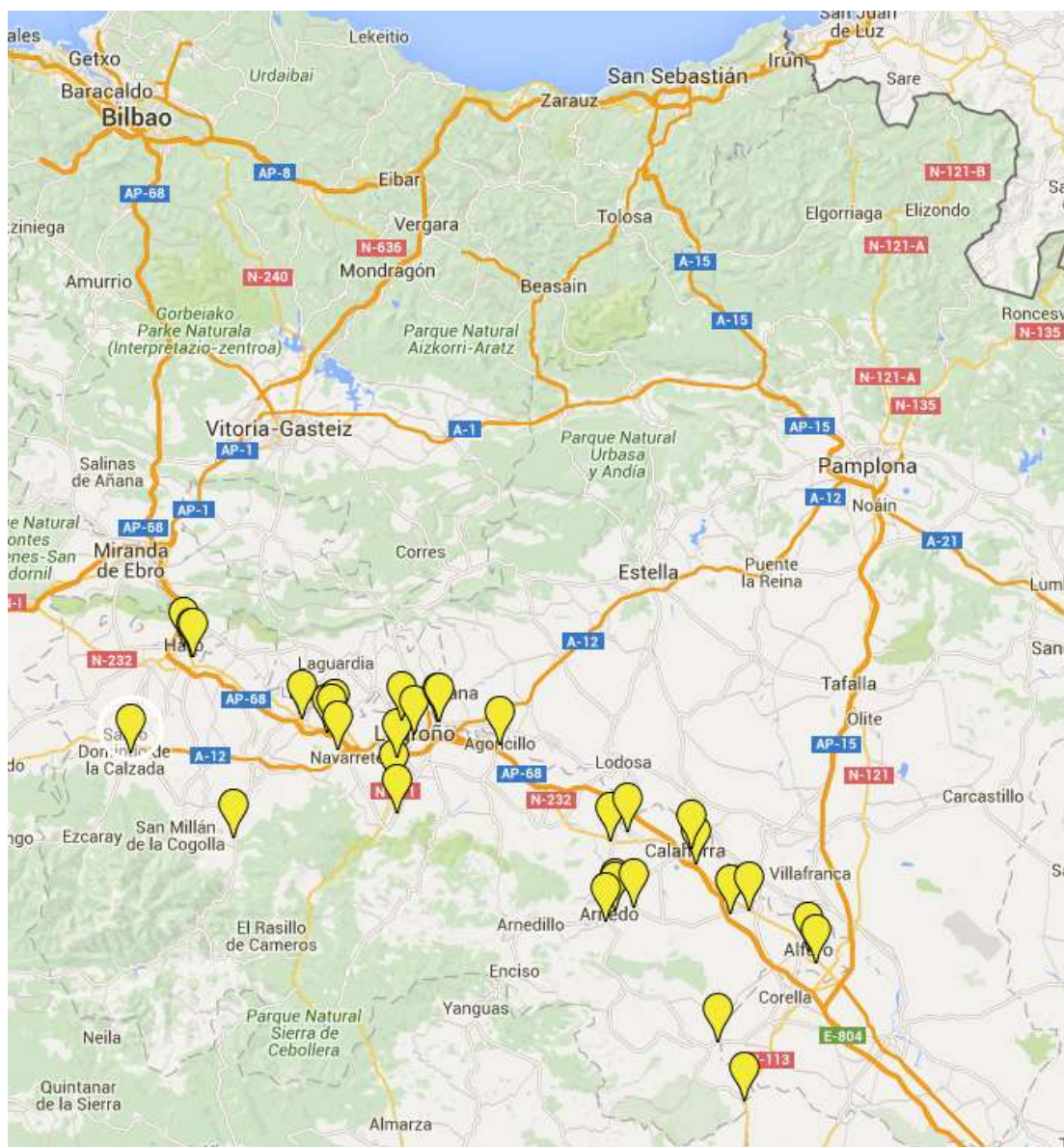


Figura 28. Ubicación 32 polígonos industriales analizados en La Rioja

4.3 DISTANCIAS ENTRE CULTIVOS Y POLÍGONOS

Para la formulación del problema de localización es fundamental obtener la matriz de distancias, en nuestro caso, entre los 181 posibles cultivos y las 59 posibles localizaciones (polígonos) dónde ubicar la biorrefinería.

Por tanto, se tiene una matriz 59x181, los datos de la misma están en kilómetros. La tabla con la matriz se puede observar en el punto 9.1 del anexo.

En el siguiente mapa se pueden observar de rojo las ubicaciones de los 181 cultivos y de amarillo las ubicaciones de las potenciales localizaciones de la biorrefinería.

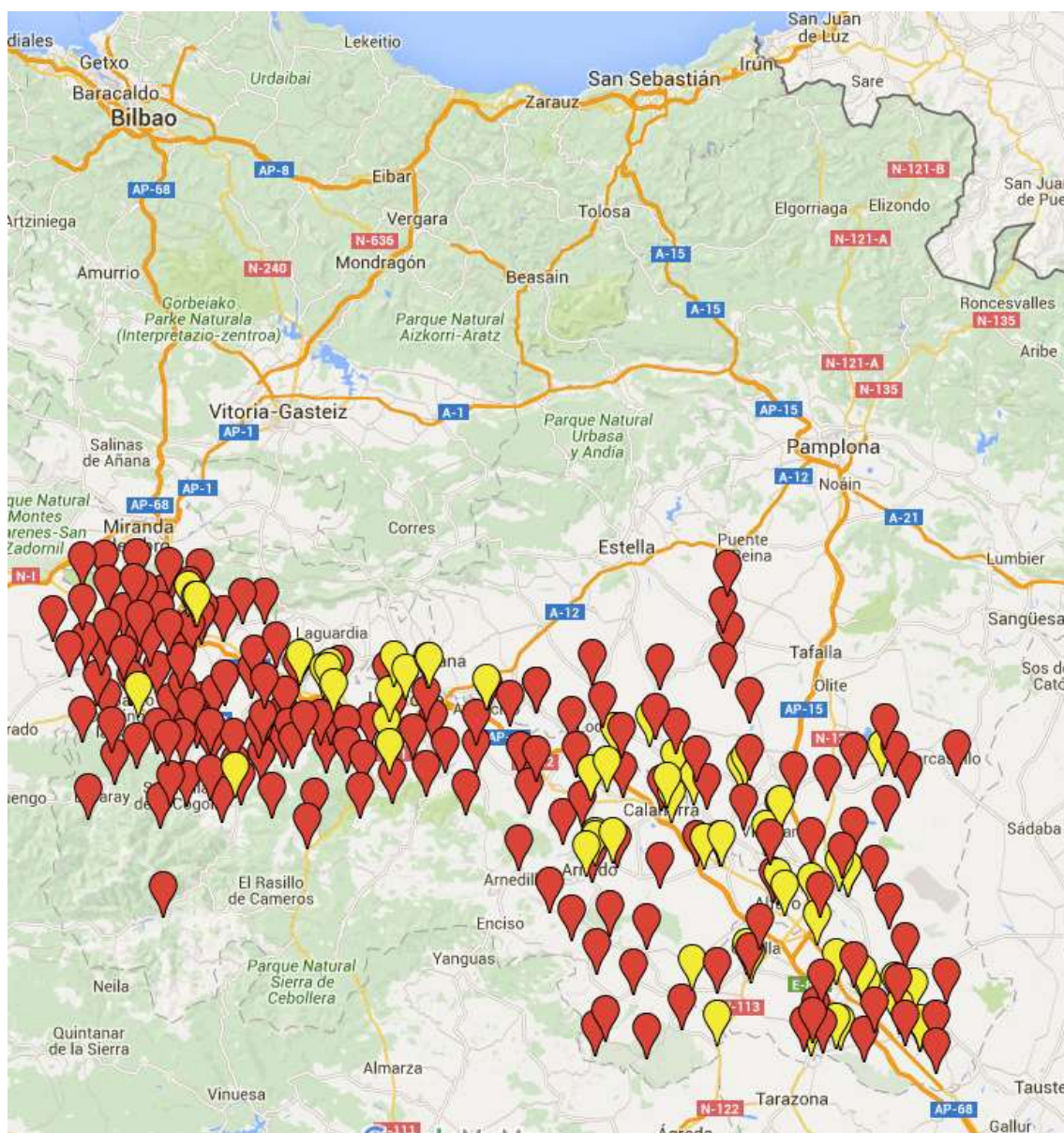


Figura 29. Representación geográfica de los cultivos y polígonos del problema de localización

5. DESARROLLO DEL **TRABAJO**

Una vez identificado el objetivo de nuestro problema de localización y obtenidos los datos necesarios para su formulación, nos encontramos en la etapa de especificación matemática y formulación.

Se abordarán la simulación de las posibles soluciones con el software GAMS (General Algebraic Modeling System), es un software de alto nivel para el modelado de sistema para la optimización matemática. GAMS está diseñado para modelar y resolver problemas lineales, no lineales y optimización entera mixta. El sistema está diseñado para aplicaciones de modelado a gran escala complejas y permite al usuario construir grandes modelos mantenibles que pueden adaptarse a las nuevas situaciones. GAMS fue el primer lenguaje de modelado algebraico (AML) y es formalmente similar a la utilizada comúnmente lenguajes de programación de cuarta generación. GAMS contiene un entorno de desarrollo integrado (IDE) y está conectado a un grupo de optimización de terceros que resuelven. Entre estos solucionadores son BARON, CONOPT, CPLEX, DICOPT, Gurobi, Mosek, SNOPT y XPRESS. GAMS es uno de los formatos de entrada más populares de optimización para el servidor NEOS.

El objetivo, evidentemente, será determinar cuál de las potenciales ubicaciones propuestas anteriormente, ofrece una mejor solución, en función del tipo de problema que se defina.

5.1 ESPECIFICACIÓN MATEMÁTICA Y FORMULACIÓN

Se procede a presentar la formulación de los diferentes problemas que vamos a analizar:

- Ubicación óptima minimizando los costes de materia prima y los costes de ese transporte de materia prima.
- Ubicación óptima minimizando los km realizados en el transporte de la materia prima, con el objetivo de ver el emplazamiento que provocaría menos contaminación que causa el trasiego de vehículos de los cultivos a la biorrefinería.

5.1.1 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN MINIMIZANDO COSTES DE MATERIA PRIMA Y TRANSPORTE

Para comenzar la formulación, se pone el título del problema de localización que se va a proceder a resolver y se introduce el enunciado del problema a modo informativo.

PFC.gms	
\$Title Ubicación biorrefinería	
\$ONTEXT	
181 zonas de cultivo, que producen 4 tipos de cultivo (Cereales de invierno, Alfalfa, Colza y Maiz). Cada zona de cultivo tiene una capacidad máxima de producción de cada tipo de cultivo. El coste de cada tipo de cultivo será el mismo en todas las zonas de cultivo. 59 posibles ubicaciones (Polígonos industriales). La biorrefinería necesitará abastecerse de 100.000 tn/año de biomasa. El coste unitario es proporcional a la distancia entre el cultivo y la posible biorrefinería.	

Lo siguiente, es la presentación de los diferentes grupos o bloques necesarios en nuestro fichero GAMS, que posibilitan la realización del problema de localización.

- **GRUPO SET**

Este bloque se utiliza para definir conjuntos o índices tanto de variables como de restricciones.

```
SETS
  p poligonos / p1 * p59 /
  c cultivos / c1 * c181 /
  t tipos de cultivos /invierno, colza, maiz, alfalfa/
```

En este caso, se definen 3 grupos: Las 59 potenciales localizaciones (polígonos), están nombrados como p1, p2, p3... p59. Los 181 cultivos, que al igual que los polígonos, están nombrados c1, c2, c3...c181. Y por último, los 4 tipos de cultivo de los que se puede abastecer la biorrefinería.

*En el punto 4.3 se pueden ver los nombres de los polígonos y los cultivos asociados a estos números.

- **GRUPO DATA**

Dentro del grupo data se distinguen tres tipos de elementos: scalar, table y parameter. El grupo parameter suele estar asociado a los elementos de los conjuntos (SET), y sirven para indicar disponibilidades o requerimientos de estos. En este caso, se tiene sólo el parameter “costeprecio(t)”, que proporciona el precio de cada tipo de cultivo.

```
PARAMETER
  costeprecio(t) precio €/tn tipo de cultivos
  /invierno 65
  colza 80
  maiz 60
  alfalfa 90/ ;
```


El grupo scalar se usa para declarar e inicializar los parámetros de dimensión cero, es decir, no están asociados a ninguna clase de conjuntos. En este problema, se presentan 3 elementos del grupo scalar, “necesidad” que son las toneladas de biomasa anuales que necesita la biorrefinería, “f” es el porcentaje disponible de la producción total de los cultivos y “h” es el coste unitario por cada km que se realiza desde el cultivo a la biorrefinería.

```
SCALARS
necesidad toneladas de biomasa anuales que necesita la biorrefineria /100000/
f porcentaje de producción disponible /0.2/
h coste €/km /0.095/;
```

El grupo table proporciona una forma fácil de introducir los datos del problema, en nuestro caso se trabaja con tablas de 2 dimensiones. En concreto, con 2 elementos del grupo table, “produccionbruta(c,t)” es la matriz 181x4 que proporciona las producciones máximas anuales de cada zona de cultivo (c1,...,c181) para cada tipo de cultivo (cereales de invierno, colza, maíz y alfalfa) y “distancia(p,c)” es la matriz 59x181 que proporciona las distancias entre los cultivos y los polígonos industriales.

TABLE produccionbruta(c,t) producciones maximas de cada cultivo				
	invierno	colza	maiz	alfalfa
c1	2831	0	105	3869
c2	2602	0	0	261
c3	2039	0	900	3921
c4	133	0	0	105
c5	2372	0	203	993
c6	2372	0	203	993
c7	2372	0	203	993
c8	2372	0	203	993
c9	2372	0	203	993
c10	87	0	6	0
c11	1566	58	150	523
c12	1416	0	0	51237
c13	941	0	813	7320
c14	842	0	1599	5751
c15	6817	0	2070	5489

TABLE distancia(p,c)					
	c1	c2	c3	c4	c5
p1	000.91	060.09	029.48	050.33	058.51
p2	000.44	059.55	028.94	049.79	057.97
p3	031.03	040.86	002.43	031.11	032.96
p4	050.77	009.87	035.98	001.35	051.40
p5	016.96	068.20	031.57	058.45	066.63
p6	016.38	066.94	022.56	057.18	055.26
p7	031.05	040.88	002.45	031.13	032.98
p8	022.92	049.34	031.44	039.58	047.46
p9	023.08	041.75	030.02	031.99	046.04
p10	018.63	042.03	024.44	032.28	040.46

*La table produccionbruta(c,t) tiene 181 filas, hasta c181. La table distancia(p,c) tiene 59 filas, hasta p59, y 181 columnas, hasta c181.

- GRUPO **VARIABLES**

Este grupo es el que se utiliza para definir las variables que se van a utilizar en el problema. En este caso se distinguen 3 tipos de variables.

```
VARIABLES

z variable que queremos minimizar;

POSITIVE VARIABLES

x(c,t,p) ud de cada tipo de cultivo de la zona de cultivo c al poligono p;

BINARY VARIABLE

y(p);
```

La variable de la función objetivo “z”, que es la variable que se quiere minimizar, está en el grupo de variables.

La variable “x(c,t,p)”, es una variable que siempre va a ser positiva ya que define las unidades de qué tipo de cultivo de qué zona de cultivo van a qué polígono.

La variable “y(p)” es una variable binaria que convierte el problema en MIP, se utiliza para establecer la restricción del número de ubicaciones de la biorrefinería. En nuestro caso será 1.

- GRUPO **EQUATIONS**

Se pueden definir dos tipos de ecuaciones: ecuaciones indexadas (dependientes de algún/algunos índices) y ecuaciones no indexadas. En este caso, tenemos las dos clases de ecuaciones, las no indexadas (función objetivo) y las indexadas (ecuaciones de restricción como la demanda o la producción (pro)).

```
EQUATIONS
funobj, r1, pro, demanda;
*
* COSTE TRANSPORTE
funobj.. z =E= sum((c,t,p), (8.25+h*distancia(p,c))*x(c,t,p))+
* COSTE MATERIA PRIMA
* sum((c,t,p), (x(c,t,p)*costeprecio(t)));
r1.. sum(p, y(p)) =e= 1;
pro(c,t,p).. x(c,t,p) =L= f*produccionbruta(c,t);
demanda(p).. sum((c,t), x(c,t,p)) =G= necesidad*y(p);
```

1) **Función objetivo:** $\sum_c \sum_t \sum_p c_{pc} x_{ctp} + \sum_c \sum_t \sum_p c_t x_{ctp}$

2) **R1:** $\sum_p y_p = 1$

3) **Pro:** $x_{ctp} \leq 0,2 * x_{ct}$

4) **Demanda:** $\sum_c \sum_t x_{ctp} \geq 100.000 * y_p$

Por último, se nombra el modelo, en este caso transporte, y se resuelve minimizando la función objetivo siendo un problema de programación lineal entera mixta (MIP).

```
MODEL transporte /all/;

parameter report(*)

SOLVE transporte using MIP minimizing z;

report("Coste Compras")= sum((c,t,p), (x.l(c,t,p)*costeprecio(t)));
report("Coste Transporte")= sum((c,t,p), (x.l(c,t,p)*h*distancia(p,c)));

display y.l, x.l, report;
```

5.1.1.1 UBICACIÓN ÓPTIMA

La ubicación óptima para satisfacer la demanda de 100.000 toneladas de biomasa, es el polígono 52, polígono industrial “La Portalada” (Logroño).

En el siguiente mapa, se pueden ver de color rojo los 181 cultivos, de amarillo los 58 polígonos restantes y de negro la ubicación óptima.

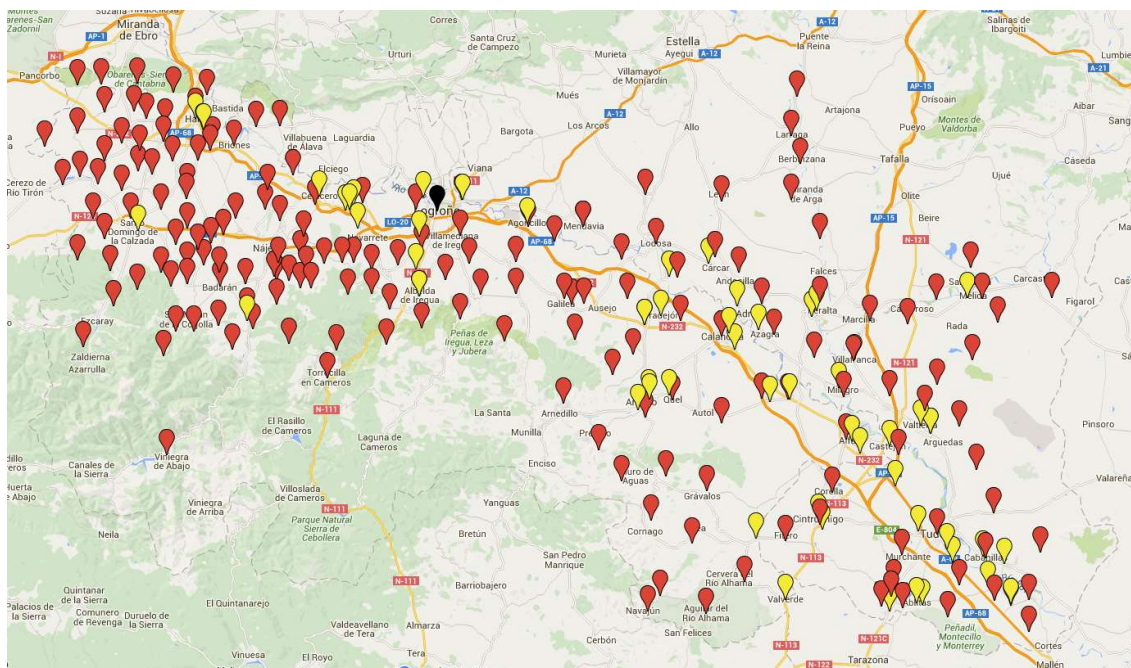


Figura 30. Representación geográfica del polígono óptimo para la resolución del problema según el criterio de minimización de costes de materia prima y costes de transporte

El valor de la función objetivo es: 8.268.805 €, siendo el coste de la materia prima, 6.902.310 € y el coste de transportar la materia prima hasta la biorrefinería, 1.366.495 €.

A continuación, se presenta la tabla dónde se pueden ver las toneladas, el tipo de cultivo y de qué municipio es el cultivo del que se abastece la biorrefinería.

Cultivo	Tipo de cultivo	Cantidad (tn)
cultivo1	cereales de invierno	566,2
cultivo1	maíz	21
cultivo2	cereales de invierno	520,4
cultivo3	cereales de invierno	407,8
cultivo3	maíz	180
cultivo4	cereales de invierno	26,6
cultivo5	cereales de invierno	474,4
cultivo5	maíz	40,6
cultivo6	cereales de invierno	474,4
cultivo6	maíz	40,6
cultivo7	cereales de invierno	474,4
cultivo7	maíz	40,6
cultivo8	cereales de invierno	474,4
cultivo8	maíz	40,6
cultivo9	cereales de invierno	474,4
cultivo9	maíz	40,6
cultivo10	cereales de invierno	17,4
cultivo10	maíz	1,2
cultivo11	cereales de invierno	313,2
cultivo11	maíz	30
cultivo12	cereales de invierno	283,2
cultivo13	cereales de invierno	188,2
cultivo13	maíz	162,6
cultivo14	cereales de invierno	168,4
cultivo14	maíz	319,8
cultivo15	cereales de invierno	1363,4
cultivo15	maíz	414
cultivo16	cereales de invierno	585,8
cultivo17	cereales de invierno	118
cultivo17	maíz	144,6
cultivo18	cereales de invierno	983
cultivo18	maíz	60
cultivo19	cereales de invierno	119,6
cultivo19	maíz	86,4
cultivo20	cereales de invierno	371
cultivo21	cereales de invierno	618,4
cultivo21	maíz	12
cultivo22	maíz	522
cultivo23	cereales de invierno	2254,8
cultivo23	maíz	234,6
cultivo24	cereales de invierno	72,2
cultivo25	cereales de invierno	147,6
cultivo25	maíz	163,2

cultivo26	cereales de invierno	556,8
cultivo26	maíz	316,8
cultivo27	cereales de invierno	313,6
cultivo27	maíz	144
cultivo28	cereales de invierno	2423,4
cultivo28	maíz	192
cultivo29	cereales de invierno	3066,4
cultivo30	cereales de invierno	675,8
cultivo30	maíz	24
cultivo31	cereales de invierno	301
cultivo31	maíz	112,8
cultivo32	cereales de invierno	558,2
cultivo32	maíz	312,6
cultivo33	cereales de invierno	1218,8
cultivo33	maíz	79,2
cultivo34	cereales de invierno	840
cultivo34	maíz	417
cultivo35	cereales de invierno	154,4
cultivo35	maíz	221,4
cultivo36	cereales de invierno	634,6
cultivo36	maíz	327
cultivo37	cereales de invierno	211,2
cultivo37	maíz	15
cultivo38	cereales de invierno	38
cultivo38	maíz	30,6
cultivo39	cereales de invierno	995,6
cultivo39	maíz	451,8
cultivo40	cereales de invierno	1205,2
cultivo40	maíz	660,6
cultivo41	cereales de invierno	304
cultivo41	maíz	237,6
cultivo42	cereales de invierno	100,4
cultivo42	maíz	7,2
cultivo43	cereales de invierno	696,2
cultivo43	maíz	175,2
cultivo44	cereales de invierno	124,8
cultivo44	maíz	3,6
cultivo45	cereales de invierno	2443,8
cultivo46	cereales de invierno	1637
cultivo46	maíz	732,6
cultivo47	cereales de invierno	35
cultivo47	maíz	0,6
cultivo48	cereales de invierno	353,6
cultivo48	maíz	349,2
cultivo49	cereales de invierno	141,8

cultivo49	maíz	975
cultivo50	cereales de invierno	58,2
cultivo51	cereales de invierno	1038
cultivo51	maíz	2
cultivo52	cereales de invierno	197
cultivo52	maíz	28,8
cultivo53	cereales de invierno	300,2
cultivo54	cereales de invierno	842
cultivo54	maíz	8
cultivo55	cereales de invierno	214
cultivo55	maíz	8
cultivo56	cereales de invierno	62,2
cultivo56	maíz	9
cultivo57	cereales de invierno	758
cultivo58	cereales de invierno	152
cultivo59	cereales de invierno	1422,6
cultivo59	maíz	624,8
cultivo60	cereales de invierno	190,2
cultivo61	cereales de invierno	40,2
cultivo62	cereales de invierno	53,8
cultivo63	cereales de invierno	92,8
cultivo64	cereales de invierno	1,2
cultivo65	cereales de invierno	201,6
cultivo66	cereales de invierno	81,6
cultivo66	maíz	17,2
cultivo67	cereales de invierno	992,6
cultivo68	cereales de invierno	90,6
cultivo69	cereales de invierno	544,8
cultivo69	maíz	22,2
cultivo70	cereales de invierno	821,2
cultivo71	cereales de invierno	2122,8
cultivo72	cereales de invierno	581,4
cultivo73	cereales de invierno	256,2
cultivo73	maíz	36,6
cultivo74	cereales de invierno	468,6
cultivo75	cereales de invierno	60,4
cultivo76	cereales de invierno	172
cultivo77	cereales de invierno	74,2
cultivo78	cereales de invierno	4,6
cultivo79	cereales de invierno	1446,2
cultivo80	cereales de invierno	282,4
cultivo80	maíz	294,4
cultivo81	cereales de invierno	81,8
cultivo82	cereales de invierno	187
cultivo83	cereales de invierno	612,6

cultivo83	maíz	2,8
cultivo84	cereales de invierno	79,8
cultivo85	cereales de invierno	348,8
cultivo86	cereales de invierno	516,6
cultivo86	maíz	3,6
cultivo87	cereales de invierno	697,6
cultivo88	cereales de invierno	54,8
cultivo89	cereales de invierno	592,6
cultivo89	maíz	44,2
cultivo90	cereales de invierno	950
cultivo90	maíz	61,2
cultivo91	cereales de invierno	344
cultivo92	cereales de invierno	838,4
cultivo93	cereales de invierno	411,8
cultivo94	cereales de invierno	139
cultivo95	cereales de invierno	229
cultivo96	cereales de invierno	36,2
cultivo97	cereales de invierno	503,2
cultivo97	maíz	36,4
cultivo98	cereales de invierno	694
cultivo99	cereales de invierno	15
cultivo100	cereales de invierno	209,2
cultivo101	cereales de invierno	601,4
cultivo102	cereales de invierno	1
cultivo103	cereales de invierno	918,8
cultivo104	cereales de invierno	901,8
cultivo105	cereales de invierno	114,4
cultivo106	cereales de invierno	513,8
cultivo107	cereales de invierno	256
cultivo108	cereales de invierno	124,2
cultivo109	cereales de invierno	2229,6
cultivo110	cereales de invierno	339,6
cultivo111	cereales de invierno	825
cultivo112	cereales de invierno	915,8
cultivo112	maíz	19,2
cultivo113	cereales de invierno	1147,6
cultivo114	cereales de invierno	821,8
cultivo114	maíz	1,6
cultivo115	cereales de invierno	223,2
cultivo116	cereales de invierno	29,6
cultivo117	cereales de invierno	278
cultivo118	cereales de invierno	27,6
cultivo119	cereales de invierno	323,6
cultivo120	cereales de invierno	236,6
cultivo120	maíz	5

cultivo121	cereales de invierno	1030,2
cultivo122	cereales de invierno	3,2
cultivo123	cereales de invierno	952
cultivo123	maíz	14,4
cultivo124	cereales de invierno	201,6
cultivo125	cereales de invierno	708,6
cultivo126	cereales de invierno	533
cultivo127	cereales de invierno	10
cultivo128	cereales de invierno	1464,8
cultivo129	cereales de invierno	156,6
cultivo130	cereales de invierno	97,8
cultivo131	cereales de invierno	57,8
cultivo132	cereales de invierno	67,2
cultivo133	cereales de invierno	8
cultivo134	cereales de invierno	653
cultivo135	cereales de invierno	876,6
cultivo136	cereales de invierno	12,4
cultivo137	cereales de invierno	66
cultivo138	cereales de invierno	6,2
cultivo139	cereales de invierno	453,8
cultivo139	maíz	14,4
cultivo140	cereales de invierno	2
cultivo141	cereales de invierno	82
cultivo142	cereales de invierno	161,8
cultivo143	cereales de invierno	1093,4
cultivo143	maíz	1,2
cultivo144	cereales de invierno	121,6
cultivo144	cereales de invierno	37,2
cultivo145	cereales de invierno	681,6
cultivo146	cereales de invierno	506
cultivo147	cereales de invierno	224
cultivo148	cereales de invierno	507,2
cultivo149	cereales de invierno	805,8
cultivo150	cereales de invierno	270
cultivo151	cereales de invierno	1354
cultivo152	cereales de invierno	2645,8
cultivo153	cereales de invierno	706,4
cultivo153	maíz	80
cultivo154	cereales de invierno	292,8
cultivo155	cereales de invierno	300,2
cultivo156	cereales de invierno	137,4
cultivo157	cereales de invierno	78
cultivo158	cereales de invierno	356,4
cultivo159	cereales de invierno	80,4
cultivo160	cereales de invierno	373,8

cultivo160	maíz	8,4
cultivo161	cereales de invierno	890,6
cultivo162	cereales de invierno	87,8
cultivo163	cereales de invierno	212
cultivo164	cereales de invierno	19,2
cultivo165	cereales de invierno	2818,2
cultivo166	cereales de invierno	278
cultivo167	cereales de invierno	89,8
cultivo168	cereales de invierno	156,8
cultivo169	cereales de invierno	91,2
cultivo170	cereales de invierno	208,6
cultivo171	cereales de invierno	8,8
cultivo172	cereales de invierno	96,8
cultivo173	cereales de invierno	966,6
cultivo174	cereales de invierno	535
cultivo174	maíz	48,2
cultivo175	cereales de invierno	249,6
cultivo176	cereales de invierno	629,2
cultivo177	cereales de invierno	261
cultivo178	cereales de invierno	80,8
cultivo179	cereales de invierno	746,6
cultivo180	cereales de invierno	137,6
cultivo181	cereales de invierno	1065,4

Tabla 18. Tn de cada tipo de cultivo por zona de cultivo que abastece la biorrefinería en la ubicación óptima

5.1.1.2 ZONA GEOGRÁFICA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En la siguiente tabla se pueden observar las 5 localizaciones con las menores funciones objetivo. Las 5 ubicaciones se abastecen de los mismos cultivos, la distribución de las toneladas por tipo de cultivo y zona de cultivo se pueden ver en el apartado anterior. Por consiguiente, es la distancia en km a los cultivos los que marcan la diferencia en la función objetivo.

Necesidad		100000 tn	
C. Invierno	70 €		
Colza	80 €		
Maíz	60 €		
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj. (€)	C. Trans (€)	C. MP (€)
p52	8268805	1366495	6902310
p53	8273768	1371458	6902310
p54	8274088	1371778	6902310
p28	8279193	1376883	6902310
p16	8280656	1378346	6902310

Tabla 19. Resultados y variables de entrada problema de localización propuesto

En el siguiente mapa podemos ver la zona óptima de ubicación de la biorrefinería encuadrada entre las 5 mejores opciones de polígonos industriales, que resuelven el problema de localización.

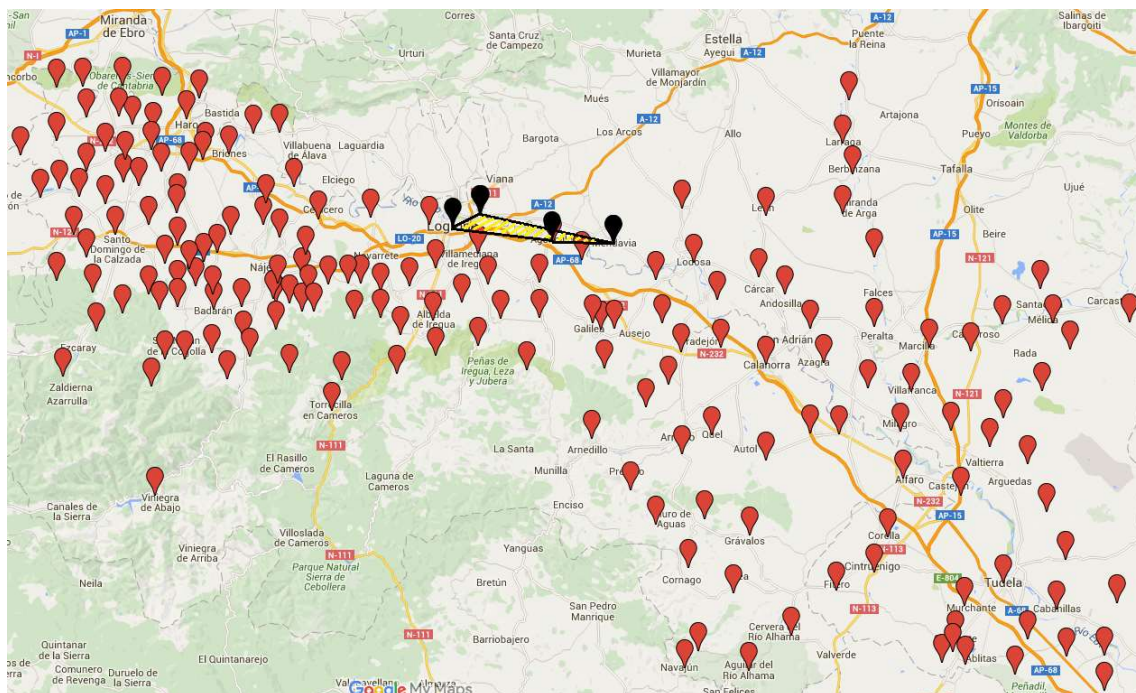


Figura 31. Representación geográfica del área óptima para la ubicación de la biorrefinería

Como se puede observar la región óptima (región señalada con rallado amarillo) es la parte central de nuestra zona de estudio, que se encuentra a una distancia más o menos equitativa de la parte oeste de La Rioja, dónde hay mucho cultivo de cereales de invierno y de la parte este con la Ribera de Navarra, dónde se produce mucho cereal de invierno y maíz.

5.1.2 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN MINIMIZANDO KM DE TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS

Resolver este problema de localización, tiene como principal objetivo, hallar el emplazamiento óptimo dentro de las potenciales ubicaciones, que satisfaga las necesidades de demanda de la biorrefinería sin tener en cuenta el precio de la materia prima y minimizando los kilómetros realizados por los camiones que abastecen de biomasa la planta.

`$Title Ubicación biorrefineria`

`$ONTEXT`

`181 zonas de cultivo.Cada zona de cultivo tiene una capacidad máxima de producción (que es la suma de los 4 tipos de cultivos analizados).
59 posibles ubicaciones (Polígonos industriales). La biorrefinería necesitará abastecerse de 100.000 tn/año de biomasa.
El coste unitario de transporte y el coste de cada tipo de cultivo no aplican.`

`$OFFTEXT`

Como se puede observar en la siguiente imagen, no se hace distinción entre los tipos de cultivos en este problema, simplemente se tienen en cuenta la cantidad total de biomasa producida en cada zona.

`SETS`

`p poligonos / p1 * p59 /
c cultivos / c1 * c181 /`

`PARAMETER produccionbruta(c) producciones maximas de cada cultivo`

`/`

<code>c1</code>	<code>6805</code>
<code>c2</code>	<code>2863</code>
<code>c3</code>	<code>6860</code>
<code>c4</code>	<code>238</code>
<code>c5</code>	<code>3568</code>
<code>c6</code>	<code>3568</code>
<code>c7</code>	<code>3568</code>
<code>c8</code>	<code>3568</code>
<code>c9</code>	<code>3568</code>
<code>c10</code>	<code>93</code>
<code>c11</code>	<code>2297</code>
<code>c12</code>	<code>52653</code>
<code>c13</code>	<code>9074</code>
<code>c14</code>	<code>8192</code>
<code>c15</code>	<code>14376</code>

*El parameter produccionbruta(c) tiene 181 filas, hasta c181.

La matriz distancias es la misma que en el anterior problema.

	c1	c2	c3	c4	c5
p1	000.91	060.09	029.48	050.33	058.51
p2	000.44	059.55	028.94	049.79	057.97
p3	031.03	040.86	002.43	031.11	032.96
p4	050.77	009.87	035.98	001.35	051.40
p5	016.96	068.20	031.57	058.45	066.63
p6	016.38	066.94	022.56	057.18	055.26
p7	031.05	040.88	002.45	031.13	032.98
p8	022.92	049.34	031.44	039.58	047.46
p9	023.08	041.75	030.02	031.99	046.04
p10	018.63	042.03	024.44	032.28	040.46

*La table produccionbruta(c,t) tiene 181 filas, hasta c181. La table distancia(p,c) tiene 59 filas, hasta p59, y 181 columnas, hasta c181.

Se mantendrán las constantes de la demanda de la biorrefinería de 100.000 tn y el porcentaje de producción disponible de los cultivos en el 20%.

Dentro de la definición de las variables, se observa una principal diferencia, y es la creación de la variable camiones(p,c) que define los camiones que transportan la biomasa desde los cultivos hasta la biorrefinería. Esta variable es importante para analizar y obtener el nº de km realizados ya que depende de las toneladas que se transporten.

Como se puede observar es una variable integer, ya que el nº de camiones utilizados tiene que ser un número entero.

```

SCALARS
necesidad toneladas de biomasa anuales que necesita la biorrefineria /100000/
f porcentaje de producción disponible /0.20/

VARIABLES

z variable que queremos minimizar;

POSITIVE VARIABLES

x(c,p) ud de cada zona de cultivo c al poligono p

INTEGER VARIABLES
camiones(p,c) camiones que transportan como máximo 15 toneladas del cultivo a la biorrefineria;

camiones.up(p,c)=10000;

BINARY VARIABLE
y(p);
  
```

Dentro de las ecuaciones que forman parte de la formulación del problema, la principal diferencia es la ecuación que establece la carga de los camiones (mintrans). En el problema se ha establecido en 15 toneladas como máximo transportada por camión.

EQUATIONS

```

funobj, r1, pro, demanda, mintrans;

*
                                COSTE TRANSPORTE
funobj.. z =E= sum((p,c), camiones(p,c)*distancia(p,c));
r1.. sum(p, y(p)) =e= 1;
pro(c,p).. x(c,p) =L= f*produccionbruta(c);
demanda(p).. sum(c, x(c,p)) =G= necesidad*y(p);
mintrans(c,p).. camiones(p,c) =G= x(c,p)/15;

MODEL transporte /all/;

parameter Report(*);

SOLVE transporte using MIP minimizing z;

report("nº camiones")= sum((p,c), camiones.l(p,c));

display camiones.l, report;

```

- 1) **Función objetivo:** $\sum_p \sum_c 2 * (\text{camione}_{pc} * \text{distancia}_{pc})$
- 2) **R1:** $\sum_p y_p = 1$
- 3) **Pro:** $x_{cp} \leq 0,2 * x_{ct}$
- 4) **Demanda:** $\sum_c \text{camiones}_{pc} \geq 100.000 * y_p$
- 5) **Mintrans:** $\text{camiones}_{pc} \geq x_{cp}/15$

Por último, se nombra el modelo, en este caso transporte, y se resuelve minimizando la función objetivo siendo un problema de programación lineal entera mixta (MIP).

5.1.2.1 ZONA GEOGRÁFICA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En la siguiente tabla se pueden observar las ubicaciones que resuelven el problema de localización. En ella se pueden observar los kilómetros realizados en el transporte de las materias primas de los cultivos hasta la biorrefinería y el número de camiones utilizados, es decir, el número de viajes realizados para abastecer la biorrefinería con las 100.000 toneladas anuales necesarias.

Resultados	kilómetros realizados	Nº Camiones	Km/viaje
p26	389348	6675	58,32
p3	404722	6674	60,64
p7	404976	6674	60,68
p10	406554	6677	60,88
p32	407730	6674	61,10

Tabla 20. Resultados problema de minimización de km realizados

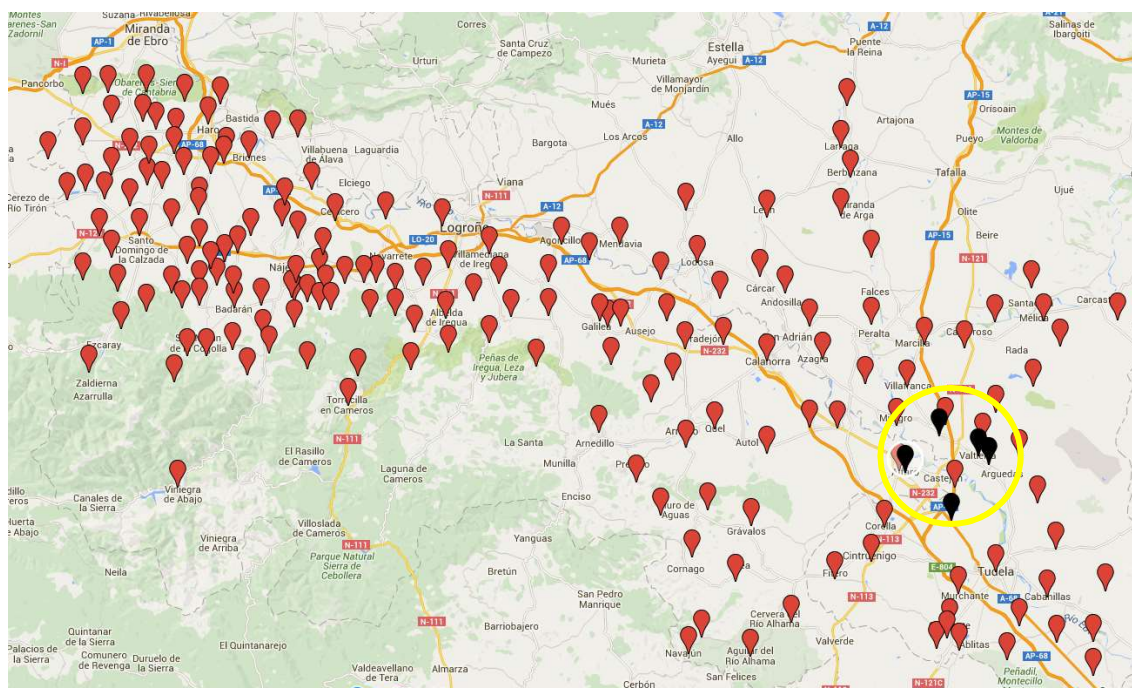


Figura 32. Representación geográfica del área óptima para la ubicación de la biorrefinería según el criterio de minimizar los km realizados de transporte de las materias primas

Gracias a la gran cantidad de alfalfa y cereal de invierno producidos por los cultivos de la Ribera de Navarra así como los municipios de la ribera del río Ebro pertenecientes a La Rioja, hacen que la zona óptima para ubicar la biorrefinería si se pretende minimizar el trasiego de los camiones de carga, es la que se muestra en el círculo amarillo

6. ANÁLISIS DE LOS **RESULTADOS**

Se procede a realizar un análisis de los resultados obtenidos para el problema de localización minimizando los costes de la materia prima y los costes de transporte. Para ello, se realiza un análisis de sensibilidad con los diferentes parámetros que afectan a la potencial localización final.

6.1 ANÁLISIS VARIACIÓN DEMANDA

El primer factor a estudio fue la demanda de la biorrefinería y cómo afecta a la resolución del problema si se varía desde 50.000 a 150.000 toneladas.

Necesidad		50000	↓50%
Cereal Invierno		70 €	
Colza		80 €	
Maiz		60 €	
Alfalfa		90 €	
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p20	3964929	562619	3402310
p19	3968214	565904	3402310
p22	3976106	573796	3402310

Tabla 21. Resultados y variables de entrada problema de localización con 50.000 tn de demanda

Necesidad		70000	↓30%
Cereal Invierno		70 €	
Colza		80 €	
Maiz		60 €	
Alfalfa		90 €	
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p40	5668851	866541	4802310
p59	5669012	866702	4802310
p44	5675456	873146	4802310

Tabla 22. Resultados y variables de entrada problema de localización con 70.000 tn de demanda

Necesidad		85000	↓15%
Cereal Invierno		70 €	
Colza		80 €	
Maiz		60 €	
Alfalfa		90 €	
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p52	6959749	1107439	5852310
p55	6960247	1107937	5852310
p56	6961271	1108961	5852310

Tabla 23. Resultados y variables de entrada problema de localización con 85.000 tn de demanda

Necesidad		100000	
Cereal Invierno	70 €		
Colza	80 €		
Maiz	60 €		
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p52	8268805	1366495	6902310
p53	8273768	1371458	6902310
p54	8274088	1371778	6902310

Tabla 24. Resultados y variables de entrada problema de localización con 100.000 tn de demanda

Necesidad		115000	↑15%
Cereal Invierno	70 €		
Colza	80 €		
Maiz	60 €		
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p16	9756342	1566170	8190172
p43	9759531	1569359	8190172
p56	9764000	1573828	8190172

Tabla 25. Resultados y variables de entrada problema de localización con 115.000 tn de demanda

Necesidad		130000	↑30%
Cereal Invierno	70 €		
Colza	80 €		
Maiz	60 €		
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p39	11304693	1764521	9540172
p14	11306142	1765970	9540172
p43	11308060	1767888	9540172

Tabla 26. Resultados y variables de entrada problema de localización con 130.000 tn de demanda

Necesidad		150000	↑50%
Cereales			
Invierno	70 €		
Colza	80 €		
Maiz	60 €		
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p39	13369394	2029222	11340172
p22	13384044	2043872	11340172
p14	13387862	2047690	11340172

Tabla 27. Resultados y variables de entrada problema de localización con 150.000 tn de demanda

En las anteriores tablas, se puede observar cómo a igualdad de precio de los tipos de cultivo, aumentando progresivamente la demanda desde 50.000 tn a 150.000 tn como varía la función objetivo y por consiguientes los costes de la materia prima y los costes del transporte de la misma desde los cultivos a las potenciales localizaciones de la biorrefinería.

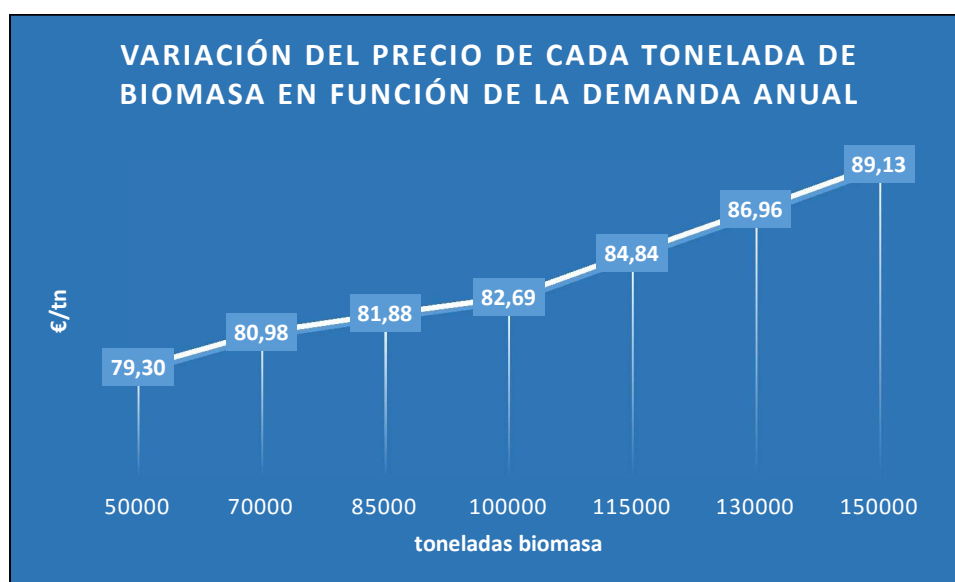
En la siguiente tabla se puede ver el resumen, de la localización óptima para cada demanda anual de biomasa. Se observan 2 cuestiones importantes:

- Los costes aumentan conforme la demanda aumenta también.
- En 100.000 toneladas, los costes de transporte tienen mayor importancia como se aprecia en el porcentaje de 16,53% del total de la función objetivo.

Demanda (tn/año)	Fun Obj (€)	€/tn	Costes Trans. (€)	(%)	Coste MP (€)	(%)
50000	3964929	79.30	562619	14.19%	3402310	85.81%
70000	5668851	80.98	866541	15.29%	4802310	84.71%
85000	6959749	81.88	1107439	15.91%	5852310	84.09%
100000	8268805	82.69	1366495	16.53%	6902310	83.47%
115000	9756342	84.84	1566170	16.05%	8190172	83.95%
130000	11304693	86.96	1764521	15.61%	9540172	84.39%
150000	13369394	89.13	2029222	15.18%	11340172	84.82%

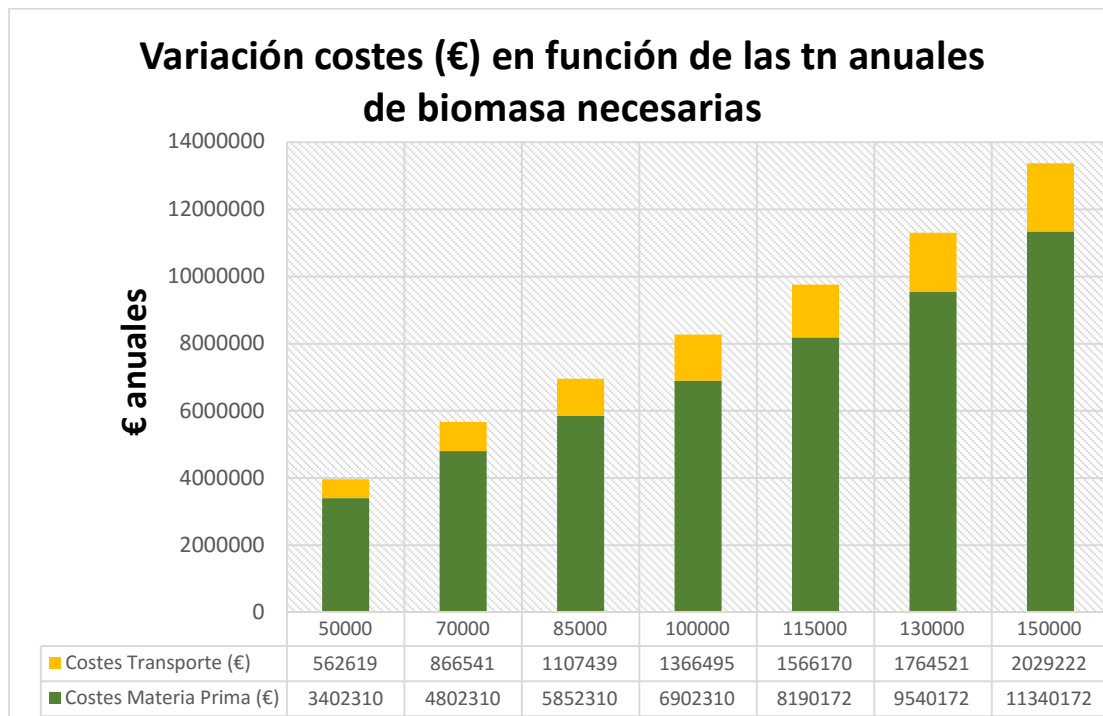
Tabla 28. Resultados de la función objetivo y los costes en función de las tn/año necesarias para la biorrefinería

En la siguiente gráfica se puede observar cómo crece el precio por tonelada si aumenta la cantidad de inputs que necesita la biorrefinería. Aumentando en 9,83€/tn si la biorrefinería pasa de necesitar 50.000 tn a 150.000 tn.



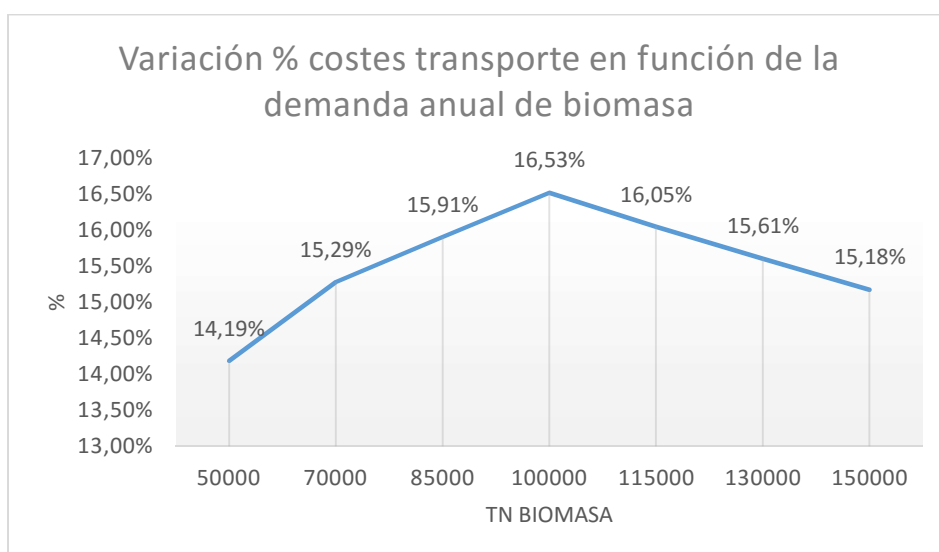
Gráfica 3. Variación del precio de cada tonelada de biomasa en función de la demanda

Es importante también analizar qué importancia tiene en la ubicación de la biorrefinería los costes de la materia prima y los costes de transporte en el total de la función objetivo, para ver que factor afectaría más a la posible ubicación.



Gráfica 4. Variación costes en función de las tn necesarias de biomasa

En la siguiente gráfica, se puede ver que para una refinería con una necesidad de 100.000 toneladas, es la demanda, dónde los costes de transporte tienen mayor influencia en la resolución del problema de localización.



Gráfica 5. % coste transporte respecto a la función objetivo en función a las tn necesarias de biomasa

6.2 ANÁLISIS VARIACIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS CULTIVOS

En este apartado, se va a proceder a analizar cómo influiría en la ubicación final de la biorrefinería, una variación de los precios de los tipos de cultivos de los que se abastece la planta, se dejará al margen la colza, ya que hemos visto que tiene una importancia testimonial, debido a su escasa cantidad y su precio por encima de los cereales de invierno y el maíz.

6.2.1 ANÁLISIS VARIACIÓN PRECIO CEREALES DE INVIERNO

Como anteriormente ya se ha podido conocer, el precio de los cereales de invierno es de 70 €/tn. En las siguientes tablas, observaremos como afecta a la resolución final del problema de localización un aumento del precio del 10% y del 20%.

Necesidad		100.000 tn	
C. Invierno	77 €	↑10%	
Colza	80 €		
Maíz	60 €		
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans (€)	C. MP (€)
p52	8899188	1363902	7535285
p53	8904399	1368799	7535599
p54	8904720	1369120	7535599

Tabla 29. Resultados problema de localización con incremento del 10% precio cereal de invierno

Necesidad		100.000 tn	
C. Invierno	84 €	↑20%	
Colza	80 €		
Maíz	60 €		
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans (€)	C. MP (€)
p52	9522032	1337716	8184315
p53	9526109	1342443	8183666
p54	9526431	1342764	8183666

Tabla 30. Resultados problema de localización con incremento del 20% precio cereal de invierno

Como se puede observar, las potenciales localizaciones no varían y seguirían siendo los polígonos de Logroño (La Rioja) los óptimos para nuestro problema. Sin embargo, este aumento del precio de los cereales de invierno, sí afectaría de forma sensible a nuestros costes totales.

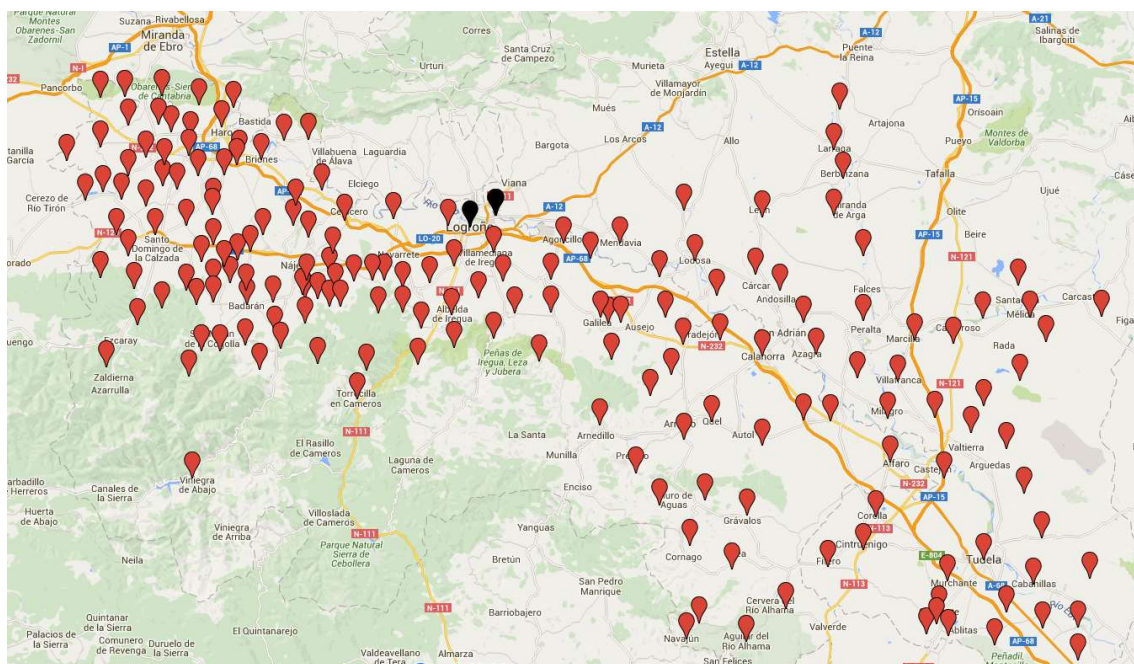
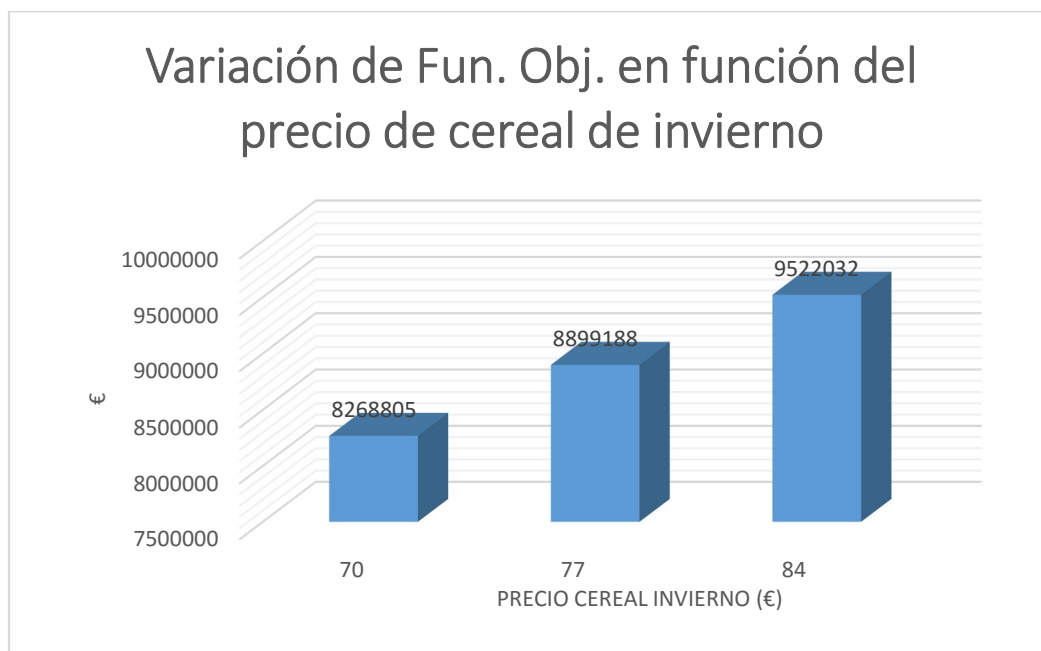


Figura 33. Representación geográfica del área óptima con una subida de hasta el 20% del precio del c. de invierno

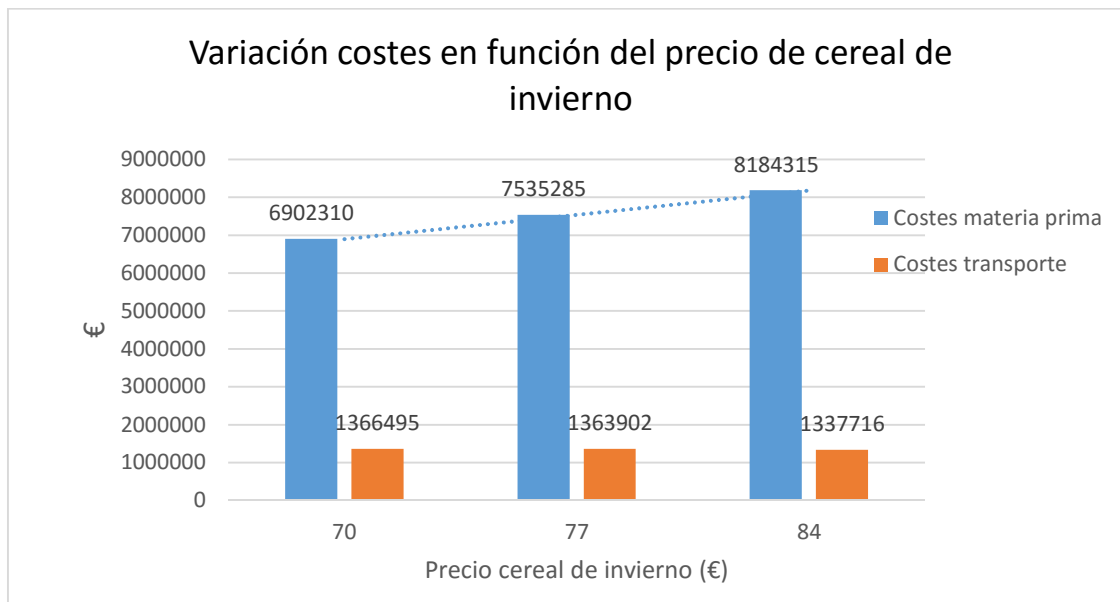
En la siguiente gráfica, se muestra el aumento de la función objetivo en función del aumento del precio de los cereales de invierno desde 70€ hasta 84€.

- El aumento de un 10% del precio de los cereales de invierno supondría un aumento de la función objetivo del 7,62%.
- El aumento de un 20% del precio de los cereales de invierno supondría un aumento de la función objetivo del 15,15%.



Gráfica 6. Variación función objetivo con subidas de precio del cereal de invierno

El aumento de la función objetivo se debe principalmente aumento del coste de la materia prima, como era previsible, para los costes de transporte, incluso hay un descenso si los cereales de invierno aumentasen su precio.



Gráfica 7. Variación costes con subidas de precio del cereal de invierno

6.2.2 ANÁLISIS VARIACIÓN PRECIO MAÍZ

Nuestro problema de localización establece que el precio del maíz es de 60 €/tn. En las siguientes tablas, observaremos como afecta a la resolución final del problema, y por tanto, cómo modifica la ubicación de la biorrefinería un aumento del precio del 10% y del 20%.

Necesidad		100.000 tn	
C. Invierno	70 €		
Colza	80 €		
Maíz	66 €	↑ 10%	
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans (€)	C. MP (€)
p52	8327419	1366495	6960924
p53	8332382	1371458	6960924
p54	8332702	1371778	6960924

Tabla 31. Resultados problema de localización con incremento del 10% precio maíz

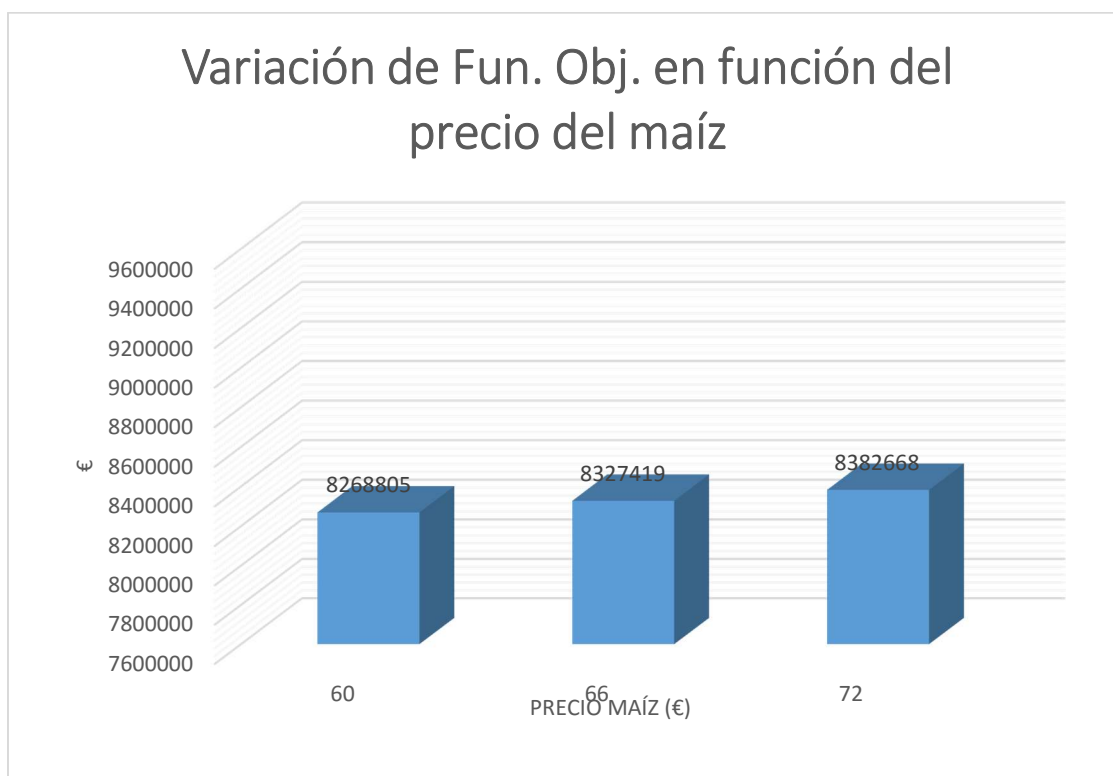
Necesidad		100.000 tn	
C. Invierno	70 €		
Colza	80 €		
Maíz	72 €	↑20%	
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans (€)	C. MP (€)
p52	8382668	1368773	7013894
p53	8386848	1372953	7013894
p54	8387169	1373274	7013894

Tabla 32. Resultados problema de localización con incremento del 20% precio maíz

Las ubicaciones potenciales no se ven afectadas pese al aumento de hasta un 20% del precio del maíz. Son las mismas que en el apartado anterior (figura 32).

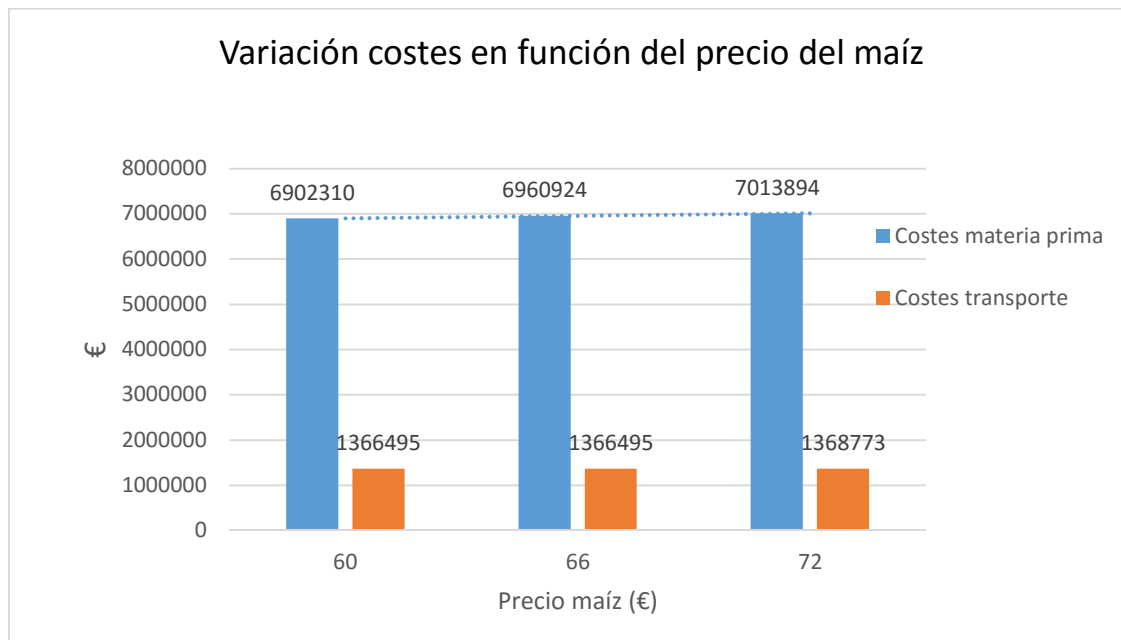
En la siguiente gráfica, se muestra el aumento de la función objetivo en función del aumento del precio del maíz desde 60€ hasta 72€.

- El aumento de un 10% del precio del maíz supondría un aumento de la función objetivo del 0,71%.
- El aumento de un 20% del precio de los cereales de invierno supondría un aumento de la función objetivo del 1,38%.



Gráfica 8. Variación función objetivo con subidas de precio del maíz

La función objetivo apenas es sensible al aumento del precio del maíz de hasta un 20%. En función de los costes la variación que sufre en función del precio del maíz se puede observar en la siguiente gráfica.



Gráfica 9. Variación costes con subidas de precio del maíz

6.2.3 ANÁLISIS VARIACIÓN PRECIO ALFALFA

El precio de la alfalfa es de 90 €/tn. En las siguientes tablas, observaremos como afecta a la resolución final del problema, y por tanto, cómo modifica la ubicación de la biorrefinería un descenso del precio del 20%, del 25% y del 30%. En este caso, analizamos un descenso del precio de la alfalfa, porque es el escenario que podría modificar nuestra ubicación ya que se dispone de muchas toneladas producidas en nuestras zonas de cultivo estudiadas, pero su precio es considerablemente más alto que el resto.

Necesidad	100000 tn		
Invierno	70 €		
Colza	80 €		
Maiz	60 €		
Alfalfa	72 €	↓ 20%	
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p26	8123906	1113610	7010296
p32	8130042	1129015	7001026
p27	8131029	1131682	6999346

Tabla 33. Resultados problema de localización con bajada del 20% precio alfalfa

Con un descenso del 20%, se observa un pequeño descenso de la función objetivo, concretamente un descenso de un 1,75%. Pero sí que cambia las potenciales ubicaciones de la biorrefinería, se supone entonces, que es un precio a partir del cual, el problema de localización puede verse alterado.

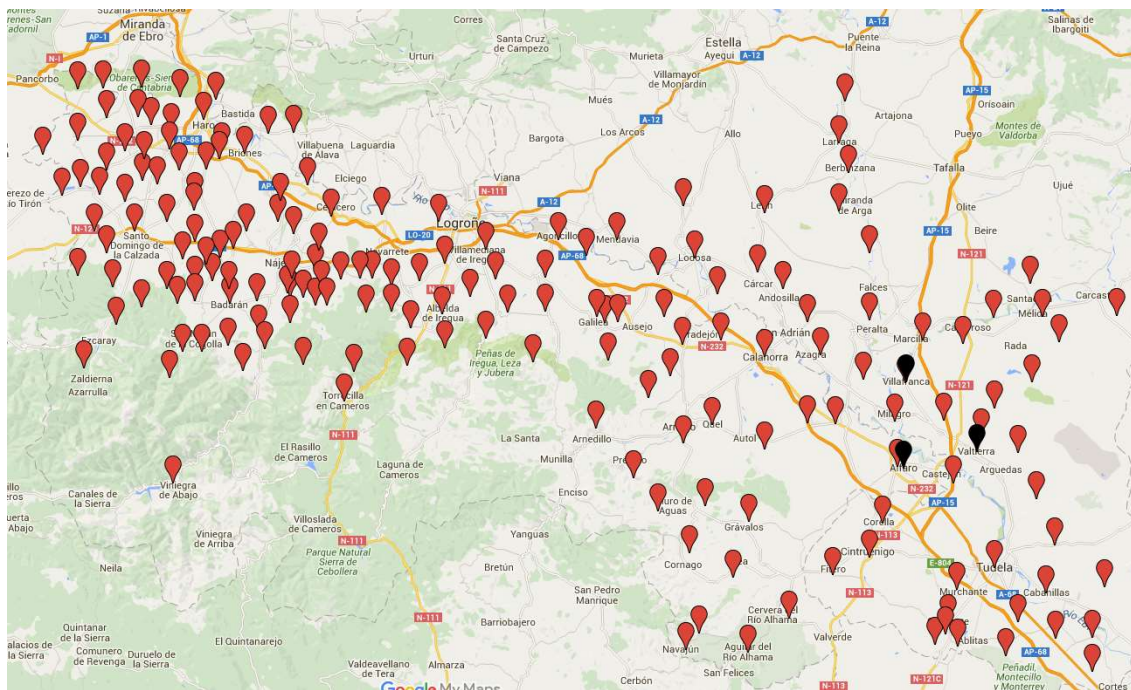


Figura 34. Representación geográfica del área óptima con una bajada del 20% del precio de la alfalfa

Como se puede observar en el mapa, las tres potenciales ubicaciones en este caso (iconos negros), pasan a la zona este de nuestra zona potencial de localización, ya que la cantidad producida de alfalfa en esta zona es considerable.

En los 2 siguientes casos de análisis, para un descenso del 25% y un descenso del 30%. La ubicación óptima sigue siendo el polígono industrial de Valtierra (Navarra), pero la zona sufre un ligero cambio como se observa en el siguiente mapa. La función objetivo, sí que sufre una variación notable.

Necesidad	100000 tn		
Invierno	70 €		
Colza	80 €		
Maiz	60 €		
Alfalfa	67,5 €	↓25%	
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p26	7851870	1107908	6743962
p3	7862794	1118832	6743962
p7	7862975	1119013	6743962

Tabla 34. Resultados problema de localización con bajada del 25% precio alfalfa

Necesidad	100000	tn	
Invierno	70 €		
Colza	80 €		
Maiz	60 €		
Alfalfa	63 €	↓30%	
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p26	7566069	1110185	6455883
p3	7576992	1121109	6455883
P7	7577173	1121290	6455883

Tabla 35. Resultados problema de localización con bajada del 30% precio alfalfa

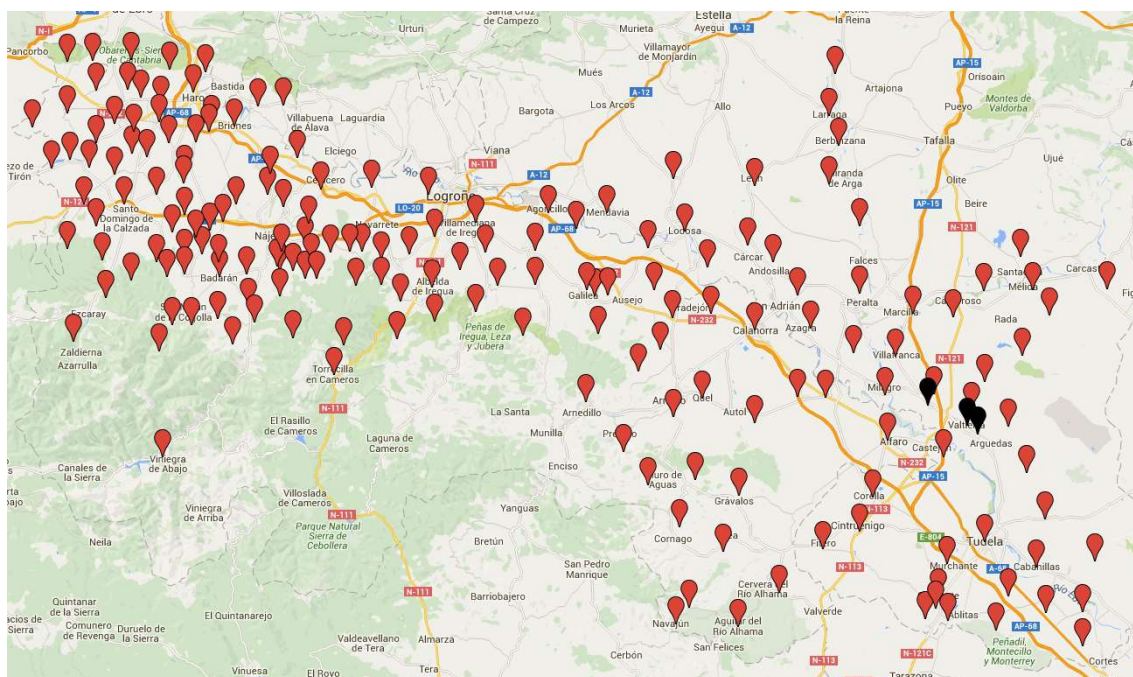
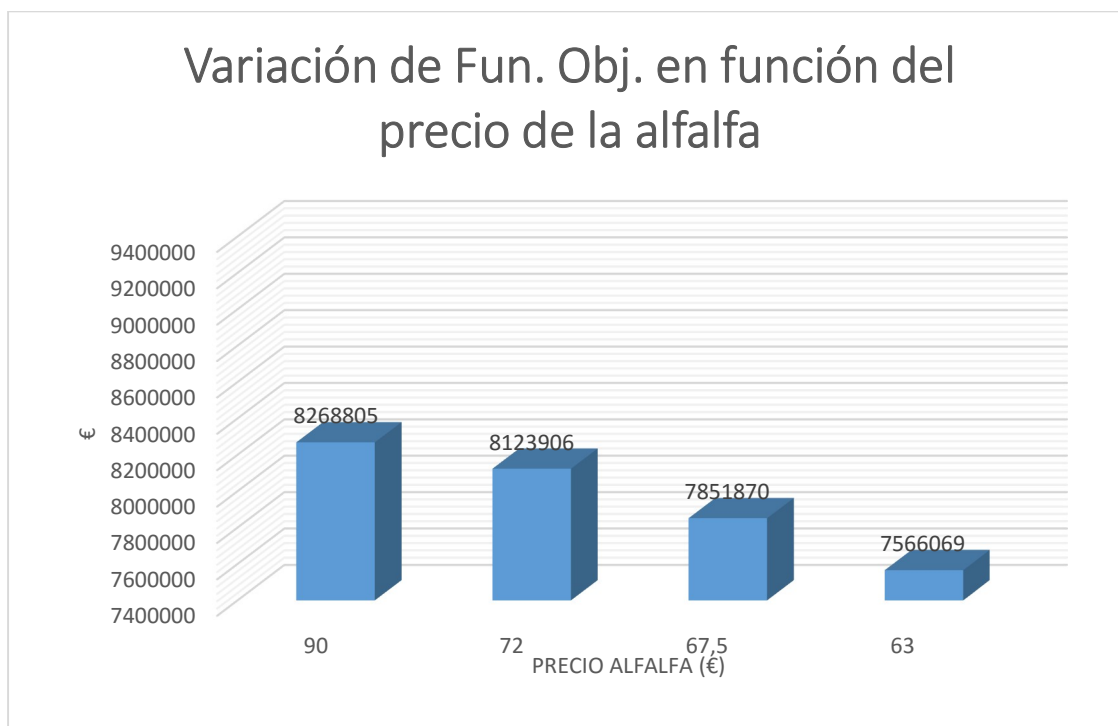


Figura 35. Representación geográfica del área óptima con una bajada de hasta el 30% del precio de la alfalfa

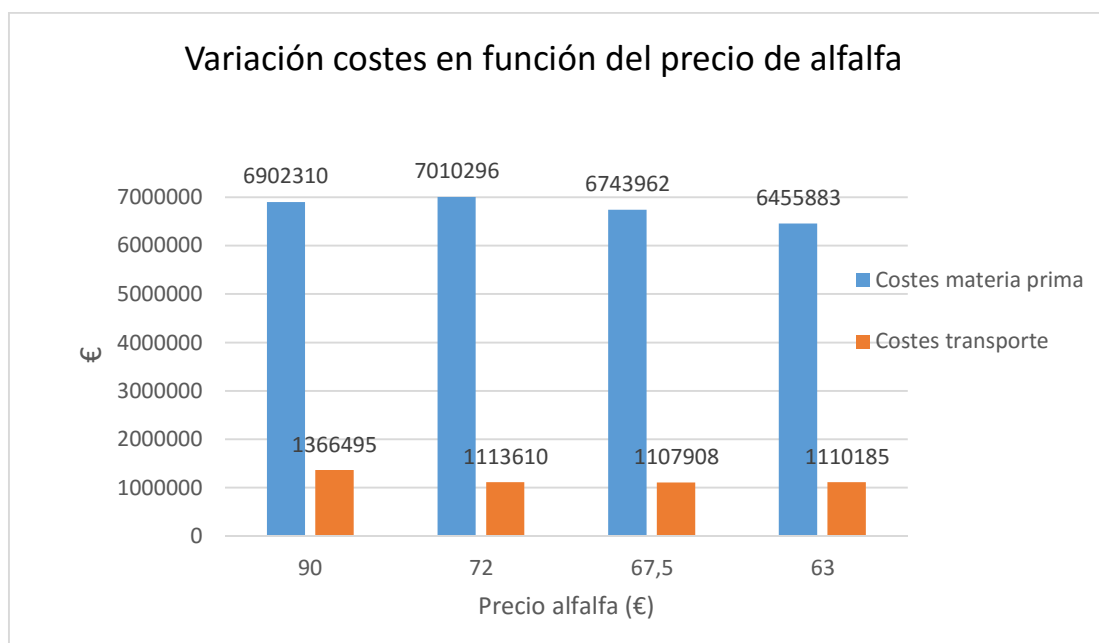
En la siguiente gráfica, se muestra el aumento de la función objetivo en función de la bajada del precio de la alfalfa desde 90€ hasta 63€.

- La bajada de un 20% del precio de la alfalfa supondría una disminución de la función objetivo de un 1,75%.
- La bajada de un 25% del precio de la alfalfa supondría una disminución de la función objetivo de un 5,04%.
- La bajada de un 30% del precio de la alfalfa supondría una disminución de la función objetivo de un 8,50%.



Gráfica 10. Variación función objetivo con bajadas precio alfalfa

La bajada de la función objetivo se debe principalmente a la disminución del coste de la materia prima, como era previsible. Para los costes de transporte, una vez llegamos al precio dónde la alfalfa comienza a adquirir importancia, se mantiene un coste de transporte de materia prima a la biorrefinería, más o menos constante.



Gráfica 11. Variación costes con bajadas de precio de la alfalfa

6.3 ANÁLISIS VARIACIÓN PRECIO TRANSPORTE

Otro factor importante para analizar es el coste del transporte, dicho coste tiene una parte fija y una parte variable que va en función de los kilómetros realizados y de las toneladas transportadas. En el problema de localización se parte de un precio de $(8,25 + 0,095x)$ €, siendo la x , el producto de los km realizados y las toneladas transportadas.

El coste del transporte tiene un peso de alrededor de un 16% de la función objetivo. Es por esta razón que se analizará que influencia tendría en la ubicación potencial de la biorrefinería un aumento del coste, y no también un descenso, ya que sería darle más importancia todavía al coste de materia prima.

Necesidad	100000 tn		
C. Invierno	70 €	Coste unitario transporte $(8,6625 + 0,09975x)$ € ↑5%	
Colza	80 €		
Maiz	60 €		
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p52	8337130	1434820	6902310
p53	8342340	1440030	6902310
p54	8342677	1440367	6902310

Tabla 36. Resultados problema de localización con subida 5% coste unitario transporte

Necesidad	100000 tn		
C. Invierno	70 €	Coste unitario transporte $(10,3125 + 0,11875x)$ € ↑25%	
Colza	80 €		
Maiz	60 €		
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p52	8610425	1707999	6902426
p53	8616628	1714202	6902426
p54	8617029	1714603	6902426

Tabla 37. Resultados problema de localización con subida 5% coste unitario transporte

Necesidad	100000 tn		
C. Invierno	70 €	Coste unitario transporte $(12,375 + 0,1425x)$ € ↑50%	
Colza	80 €		
Maiz	60 €		
Alfalfa	90 €		
Resultados	Función obj	C. Trans	C. MP
p52	8951958	2048842	6903116
p53	8959469	2057043	6902426
p54	8959877	2057451	6902426

Tabla 38. Resultados problema de localización con subida 5% coste unitario transporte

Como se puede observar, la resolución del problema no se ve afectada con una subida del precio unitario de transporte de hasta un 50%. Por otro lado, el porcentaje del coste de transporte de la totalidad de la función objetivo aumenta hasta el 22,89%.

Precio (€)	Función Obj. (€)	Coste trans. (€)	% Coste trans.
$8,25 + 0,095x$	8268805	1366495	16.53%
$8,6625 + 0,09975x$	8337130	1434820	17.21%
$10,3125 + 0,11875x$	8610425	1707999	19.84%
$12,375 + 0,1425x$	8951958	2048842	22.89%

Tabla 39. % Coste transporte respecto función objetivo en función del precio unitario transporte

7. CONCLUSIONES

La optimización es una de los factores más importantes en cualquier operación o proceso, ya que implica el análisis de diferentes alternativas, ofreciendo la mejor opción en función de los diversos factores que se analicen.

Para cualquier proceso industrial es fundamental optimizar los recursos de los que se dispone ya sean materias primas, recursos económicos, recursos humanos, etc. Puede marcar la diferencia entre que un proceso sea rentable o no lo sea, mejorando significativamente los procesos productivos ya existentes, los flujos de trabajo, los costes de diversa naturaleza (costes de almacenamiento, costes de materia prima, costes de transporte, costes de personal, etc.)

En cuanto a lo que se refiere al presente trabajo, obviamente su concepción ha sido abordada bajo una serie de hipótesis simplificadoras, dado el carácter primordialmente formativo del mismo. Se recuerda que en el problema de localización se han analizado una serie de variables y factores concretos, orientados en cierta medida a un beneficio formativo por parte del proyectante.

Sin embargo, una vez asumidas las hipótesis simplificadoras, se ha podido observar de manera clara y directa la influencia de las diferentes variables analizadas en la potencial ubicación de la biorrefinería.

En la siguiente imagen, se muestra la zona óptima dónde ubicar la biorrefinería.

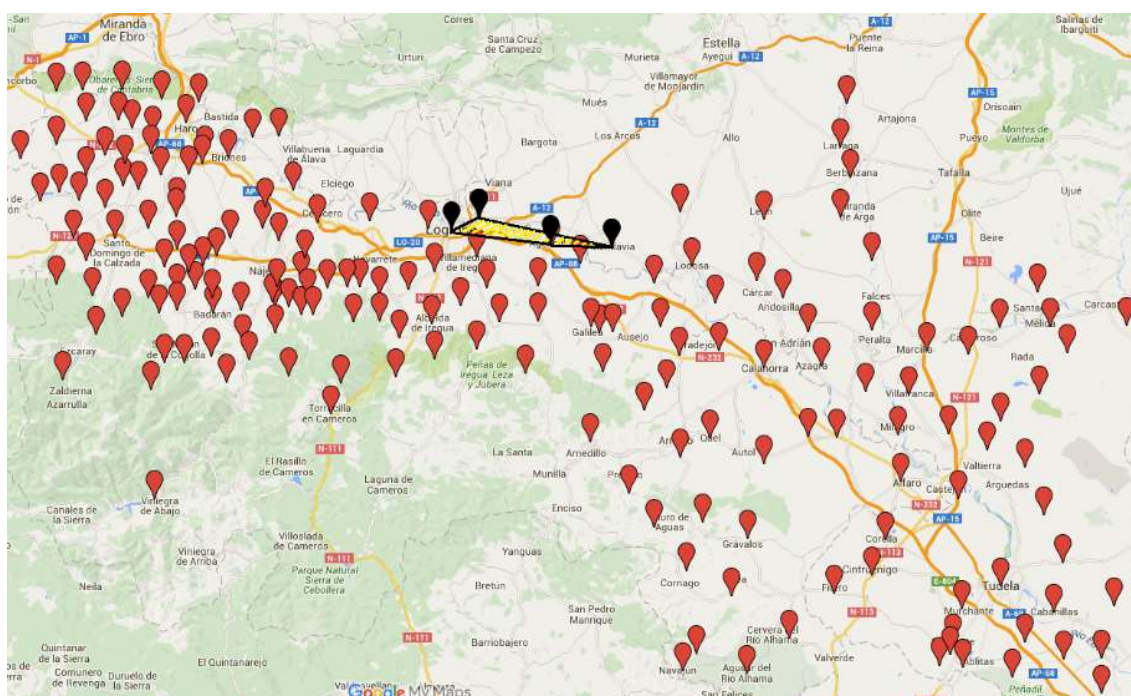
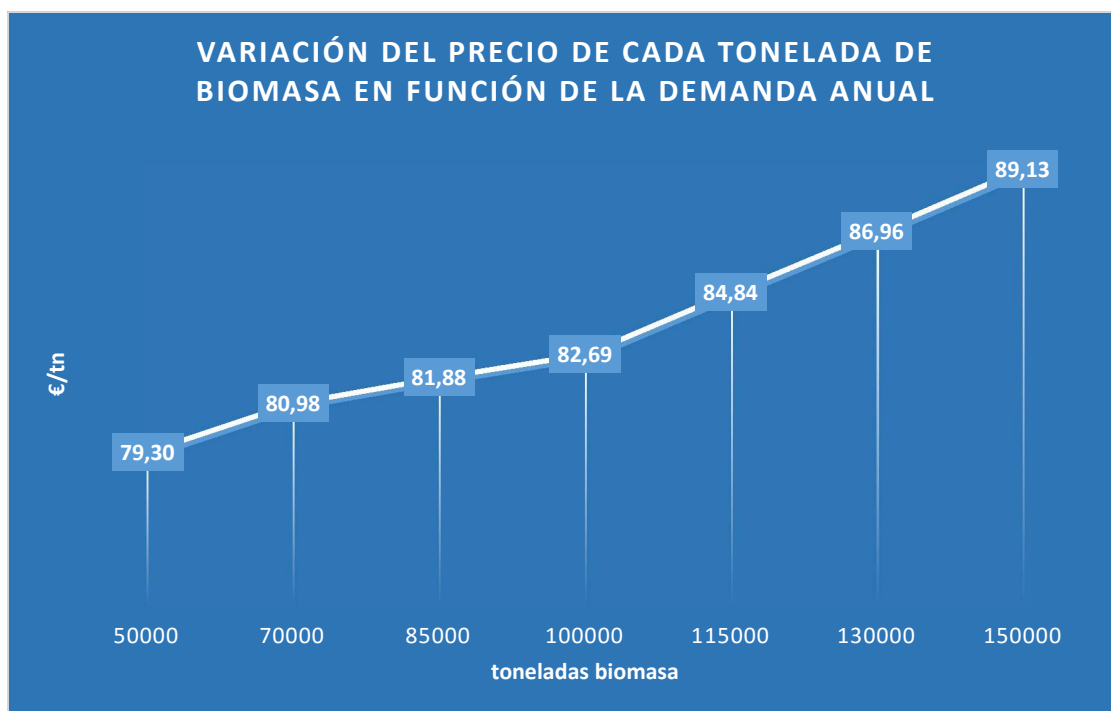


Figura 36. Representación geográfica del área óptima para la ubicación de la biorrefinería

Esta zona óptima se ve alterada en función de las variables de entrada del problema, a continuación, se muestra un resumen de los resultados obtenidos así como las conclusiones pertinentes en base a los mismos y al análisis realizado en el punto 6.

Tamaño de la biorrefinería

Después del análisis de sensibilidad se ha demostrado que el tamaño de la biorrefinería es uno de los factores que más podría afectar al resultado del problema de localización. Al aumentar las toneladas anuales de biomasa necesarias para el funcionamiento de la biorrefinería, el precio de los tipos de cultivo tendrían menos importancia y la ubicación óptima se centrará en las zonas con más producción de biomasa. Aunque eso sí, los costes totales se dispararían hasta casi los 90€/tn, como se muestra en la siguiente gráfica.



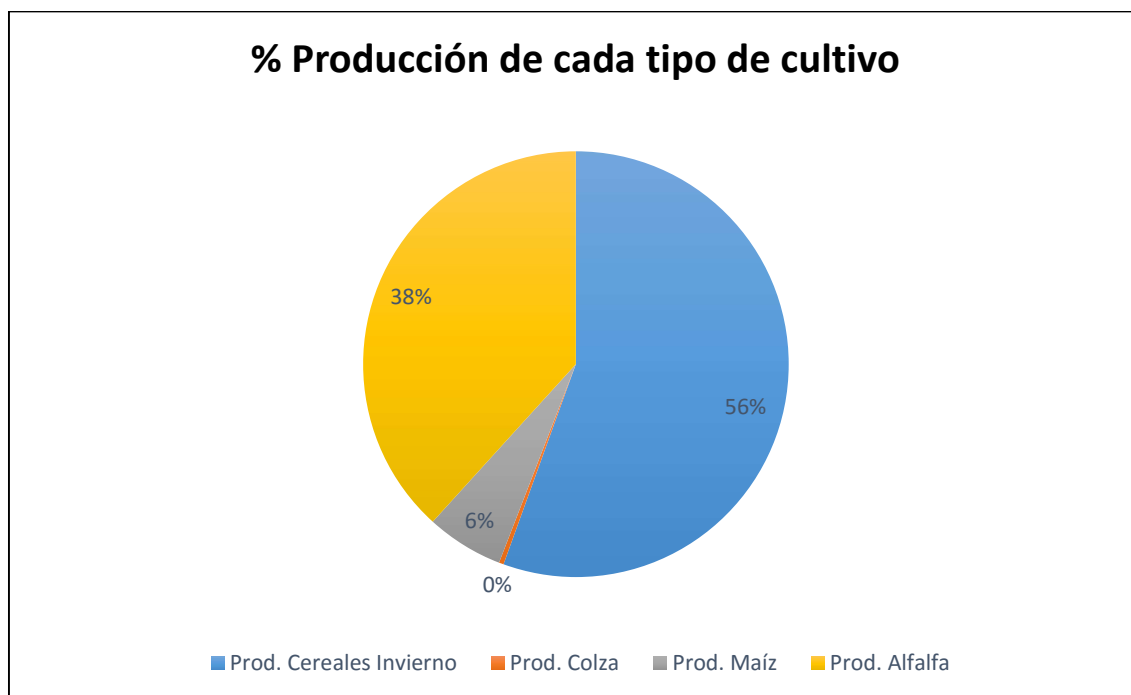
Gráfica 12. Variación del precio de cada tonelada de biomasa en función de la demanda

En esta gráfica, se observa claramente el incremento del precio total de cada tonelada de biomasa que llega a la biorrefinería, conforme aumenta la cantidad de biomasa anual necesaria. Esto se debe principalmente a que los recursos disponibles no son infinitos, por lo que lo prioritario es abastecer la biorrefinería y no es posible hacerlo solamente con los cultivos más asequibles económicamente.

Conforme más nos acercamos al límite de cantidad de biomasa disponible más inclinación tendrá la pendiente de la gráfica, es decir, más alta será la relación €/tn.

Precios cultivos

Tras el análisis de los precios de los cultivos y de la cantidad producida de cada tipo de cultivo, así como la distribución dentro de la zona geográfica analizada, se observa rápidamente, que los cultivos críticos o fundamentales en la resolución del problema de localización son los cereales de invierno y la alfalfa, ya que son los cultivos más producidos.

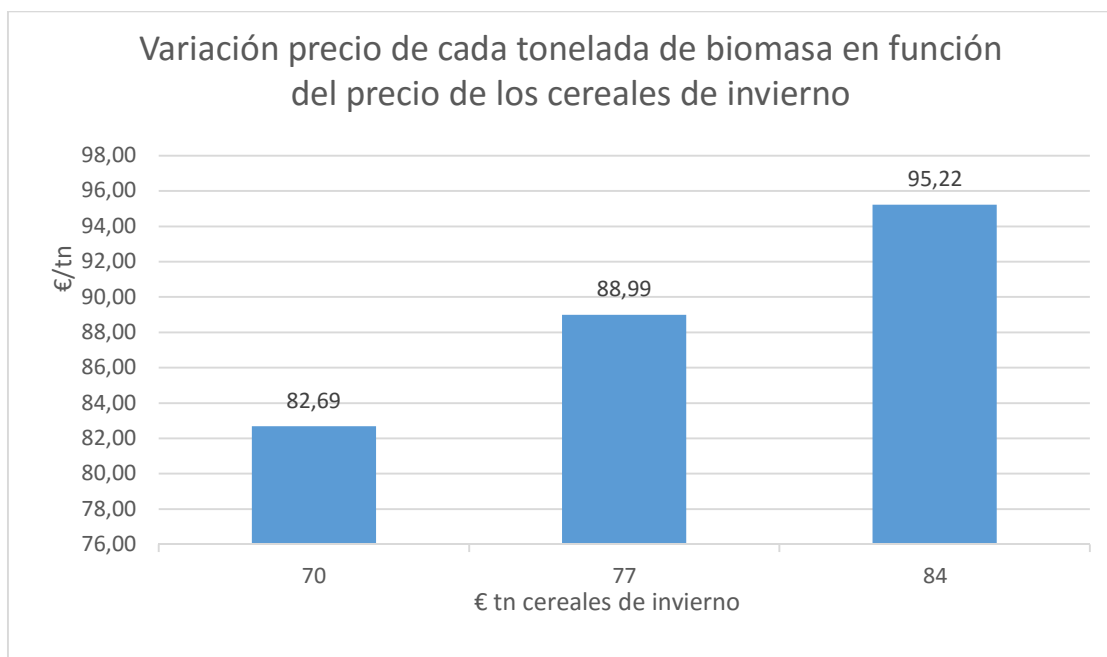


Gráfica 13. % de producción de cada tipo de cultivo

Sin embargo, debido a su precio inferior 70€/tn frente a los 90€/tn de la alfalfa, hace que los cereales de invierno sean el principal cultivo del cual se abastece la biorrefinería en la resolución del problema de localización.

La importancia se puede ver también, en el análisis del incremento del precio de los cereales de invierno en hasta un 20%, manteniéndose la misma zona óptima como solución del problema. Si se vería muy afectada la función objetivo, ya que es el cultivo principal por lo que como se puede apreciar en la siguiente gráfica el coste total de cada tonelada de biomasa adquirida subiría de forma considerable.

Con un aumento del 20% del precio de los cereales de invierno, el precio de cada tonelada de biomasa adquirida por la biorrefinería subiría en 12,53€, es decir, una subida del 15,15%.



Gráfica 14. Variación del precio de cada tonelada de biomasa en función del precio de los cereales de invierno

Aunque menos importante, otra variable a tener en cuenta es el precio de la alfalfa, a partir de una disminución de un 20% en el precio por tonelada, cambiaría la región óptima hacia la Ribera de Navarra, debido a la gran producción de este cultivo unido a una producción alta también de cereales de invierno.

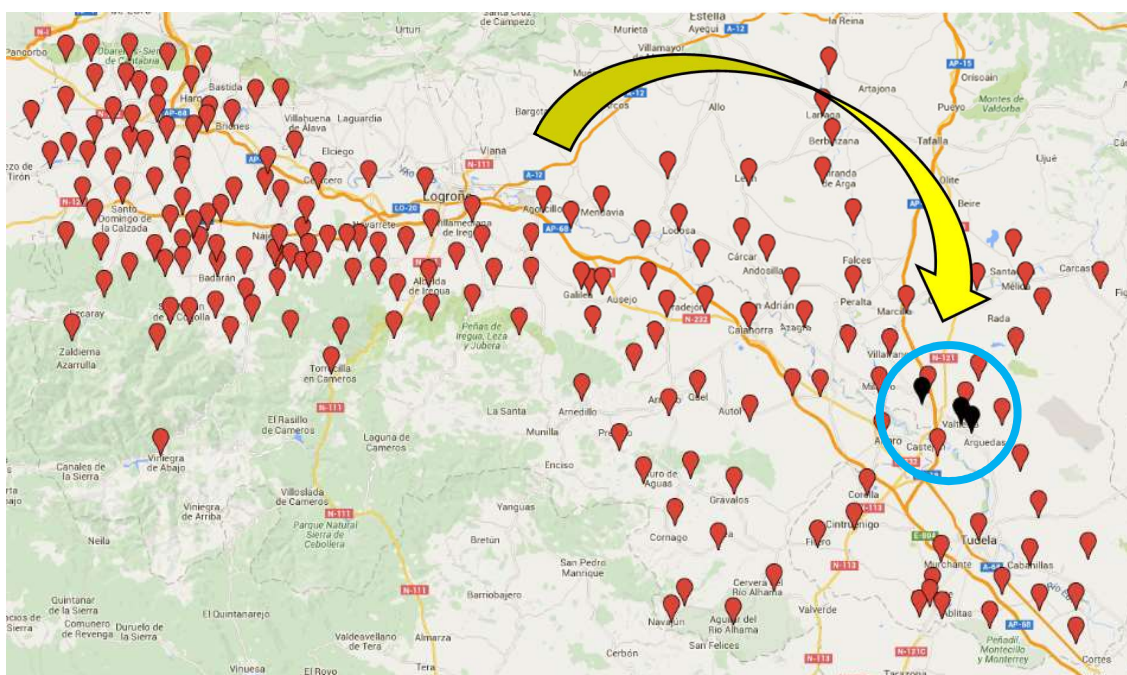


Figura 37. Representación geográfica del área óptima con una bajada de hasta el 30% del precio de la alfalfa

La zona óptima se desplazaría en unos 100 km, dentro de la zona analizada en el problema de localización.

Coste transporte

La conclusión respecto al coste de transporte, es que no es determinante en la resolución del problema ya que como se puede observar en el siguiente mapa la zona óptima si minimizamos los km realizados en el transporte de la materia prima, la biorrefinería se ubicaría en la zona de la Ribera de Navarra.

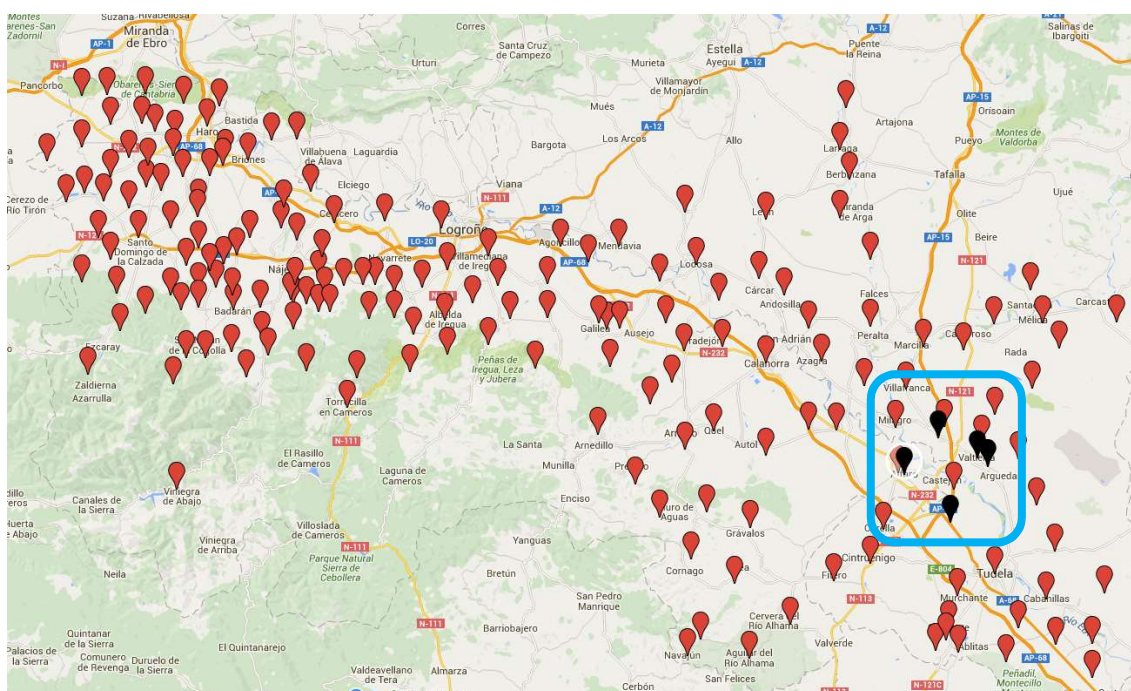


Figura 38. Representación geográfica del área óptima minimizando km realizados transporte materia prima

Sin embargo, como se aprecia en el punto 6.3, pese a un aumento del 50% en el coste unitario del transporte, la ubicación no se ve alterada.

Esto se debe a la mayor importancia de los costes de la materia prima frente a los costes de transporte, como se ha analizado anteriormente, los costes de materia prima suponen aproximadamente un 85% de la función objetivo, por lo que su peso es mucho mayor en la resolución del problema de localización.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO: ESTRATEGIA, PLANIFICACIÓN Y OPERACIÓN. Sunil Chopra, Peter Meindl. Ed Pearson, 2008
- [2] ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN AMÉRICA LATINA. José Morelos Gómez. *Estudios Gerenciales*, 32(139), 120-126, 2016
- [3] ANALYSIS AND POTENTIAL OF USE OF BIOMASS ENERGY IN CANARY ISLANDS, SPAIN. Juan C. Santamarta, Francisco Jarabo, Jesica Rodríguez-Martín, M. Paz Arraiza, J.V. López *IERI Procedia*, 8, 136-141, 2014
- [4] Bioeconomy Institute, BEI4
- [5] BIOMASS FOR HEAT AND POWER. OPPORTUNITY AND ECONOMICS. *European climate foundation*, 2010
- [6] BIORREFINERÍAS: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO. María del Prado García. Ed Genoma España, 2008
- [7] Department of Energy of United States, US-DOE3
- [8] ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF INTEGRATED 1st AND 2nd GENERATION SUGARCANE BIOETHANOL PRODUCTION EVALUATING DIFFERENT 2nd GENERATION PROCESS ALTERNATIVES. Tassia L. Junqueira, Marina O.S. Dias, Otávio Cavalett, Charles D.F. Jesus, Marcelo P. Cunha, Carlos E.V. Rossell, Rubens Maciel Filho, Antonio Bonomi. *Computer Aided Chemical Engineering*, 30, 177-181, 2012
- [9] Energy Research Center of the Netherlands, ECN5
- [10] ESTUDIO BÁSICO SOBRE EL SECTOR DE LOS BIOCARBURANTES. Agencia Andaluza de la Energía, 2011
- [11] GAMS TUTORIAL. GAMS Development Corporation, Washington DC, USA. Richard E. Rosenthal. www.gams.com, 2016
- [12] Internacional Energy Agency, IEA1
- [13] LA BIOMASA EN ESPAÑA: UNA FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE CON GRAN FUTURO. Cerdá, E. Documento de Trabajo 01/2012. Fundación Ideas, 2012
- [14] LIQUID FUELS FROM BIOMASS VIA A HYDROTHERMAL PROCESS. F. Goudriaan, D.G.R. Peferoen. *Chemical Engineering Science*, 45(8), 2729-2734, 1990
- [15] Nacional Renewable Energy Laboratory, NREL2
- [16] Nacional Non-Food Crop Centre, NNFCC6
- [17] NETWORK AND DISCRETE LOCATION: MODELS, ALGORITHMS AND APPLICATIONS. Mark S. Daskin. Ed Wiley, 1995
- [18] OPERATIONS MANAGEMENT: CREATING VALUE ALONG THE SUPPLY CHAIN. Robert S. Russell, Bernard W. Taylor III. Ed John Wiley & Sons, 2009
- [19] SYSTEMS PERSPECTIVES ON BIOREFINERIES. Björn Sandén, Karin Pettersson. Chalmers University of Technology, 2014

[20] www.biorrefineria.blogspot.com [Última fecha de consulta: Febrero 2016]

[21] www.larioja.org/agricultura [Última fecha de consulta: Junio 2016]

[22] www.navarra.es [Última fecha de consulta: Mayo 2016]

[23] www.neos-server.org [Última fecha de consulta: Julio 2016]

[24] www.uco.es [Última fecha de consulta: Diciembre 2015]

9. ANEXOS

9.1 MATRIZ DISTANCIAS CULTIVOS – POLÍGONOS

		Ablitas	Andosilla	Arguedas	Azagra	BR 1	BR 2	BR 3	BR 4	BR 5	Barillas
		Cultivo 1	Cultivo 2	Cultivo 3	Cultivo 4	Cultivo 5	Cultivo 6	Cultivo 7	Cultivo 8	Cultivo 9	Cultivo 10
P. I. Ablitas	Polígono 1	000.91	060.09	029.48	050.33	058.51	056.33	036.63	026.54	024.71	002.87
P. I. Agrícola (Ablitas)	Polígono 2	000.44	059.55	028.94	049.79	057.97	055.79	036.09	026.00	024.17	002.16
P. I. Arguedas	Polígono 3	031.03	040.86	002.43	031.11	032.96	030.77	011.08	009.19	019.97	033.97
P. I. Azagra	Polígono 4	050.77	009.87	035.98	001.35	051.40	049.22	029.52	038.75	049.53	053.71
P. I. Buñuel	Polígono 5	016.96	068.20	031.57	058.45	066.63	064.44	044.74	028.63	026.80	018.93
P. I. Cabanillas	Polígono 6	016.38	066.94	022.56	057.18	055.26	053.08	033.38	019.62	017.79	018.34
P. I. Cadreita	Polígono 7	031.05	040.88	002.45	031.13	032.98	030.79	011.09	009.21	019.99	033.99
P. I. I (Cintruénigo)	Polígono 8	022.92	049.34	031.44	039.58	047.46	045.28	025.58	034.21	035.32	022.29
P. I. II (Cintruénigo)	Polígono 9	023.08	041.75	030.02	031.99	046.04	043.86	024.16	032.79	033.90	022.45
P. I. Corella	Polígono 10	018.63	042.03	024.44	032.28	040.46	038.27	018.58	020.61	018.77	021.57
P. I. Cortes	Polígono 11	016.70	067.94	031.30	058.18	066.36	064.18	044.48	028.37	026.54	018.66
P. I. Fontellas	Polígono 12	012.40	055.49	018.25	045.73	053.91	051.73	032.03	015.32	013.48	015.35
P. I. Fustiñana	Polígono 13	016.38	066.94	022.56	057.18	055.26	053.08	033.38	019.62	017.79	018.34
P. I. Artesanía (Lodosa)	Polígono 14	063.21	005.54	048.42	013.79	050.79	048.61	041.96	051.19	061.97	066.15
P. I. Mélida	Polígono 15	055.87	042.02	035.02	040.28	001.86	006.99	020.12	037.79	048.58	058.81
P. I. Mendavia	Polígono 16	083.70	026.04	068.92	034.28	071.29	069.10	062.46	071.68	082.47	086.65
P. I. Milagro	Polígono 17	041.63	023.08	020.78	013.32	036.21	034.02	014.33	023.55	034.34	044.58
P. I. Monteagudo	Polígono 18	004.96	062.33	031.70	052.55	060.73	058.55	038.85	028.76	026.93	002.95
P. I. El Escopar (Peralta)	Polígono 19	052.85	013.98	038.09	017.75	029.64	027.46	030.22	040.86	051.64	055.79
P. I. Garantúa (Peralta)	Polígono 20	052.88	013.44	038.12	017.79	028.32	026.13	028.90	040.89	051.68	055.83
P. I. Pedriñal (Ribaforada)	Polígono 21	011.98	063.61	026.98	053.85	062.03	059.85	040.15	024.04	022.21	013.94
P. I. San Adrián	Polígono 22	056.00	004.39	041.22	006.59	043.59	041.40	034.76	043.99	054.77	058.95
P. I. Cerradilla (Sartaguda)	Polígono 23	069.32	017.16	065.62	025.41	062.41	060.23	053.58	068.39	069.47	072.27
P. I. Las Labradas (Tudela)	Polígono 24	011.99	048.93	017.51	039.17	047.35	045.17	025.47	014.58	012.74	014.94
P. I. La Barrena (Tudela)	Polígono 25	012.86	055.94	018.51	046.18	051.22	049.03	029.33	015.58	013.74	015.80
P. I. Valtierra	Polígono 26	034.13	037.25	004.30	027.49	029.34	027.15	007.46	011.06	021.84	037.08
P. I. Las Varales (Villafranca)	Polígono 27	042.17	036.60	021.32	026.84	024.86	022.68	014.86	024.09	034.87	045.11
P. I. El Sequero (Agoncillo)	Polígono 28	087.24	038.93	083.55	044.45	081.45	079.26	077.68	086.31	087.39	090.19
P. I. El Juncal (Albelda de Iregua)	Polígono 29	108.03	058.54	104.34	065.24	113.36	100.05	098.47	107.10	108.18	110.98
P. I. La Yasa (Albelda de Iregua)	Polígono 30	112.62	063.12	108.92	069.82	117.95	122.76	103.06	111.69	112.77	115.57
P. I. El Tapias (Aldeanueva de Ebro)	Polígono 31	041.39	027.73	037.70	015.48	053.71	051.53	031.83	040.46	041.54	044.34
P. I. El Pilar (Alfaro)	Polígono 32	027.35	032.23	020.64	022.48	036.65	034.47	014.77	023.41	027.50	030.30
P. I. Tambarría (Alfaro)	Polígono 33	025.71	034.86	022.02	025.11	038.03	035.85	016.15	024.78	025.86	028.66
P. I. El Raposal I (Arnedo)	Polígono 34	065.89	025.71	062.19	024.53	061.53	059.35	056.33	064.96	066.04	068.83
P. I. El Raposal II (Arnedo)	Polígono 35	067.17	026.99	063.47	025.81	062.82	060.63	057.61	066.24	067.32	070.12
P. I. Planarresano (Arnedo)	Polígono 36	069.72	029.54	066.02	028.37	065.37	063.18	060.16	068.79	069.87	072.67
P. I. Los Espinos (Baños de Río Tobía)	Polígono 37	134.50	085.00	130.80	091.70	146.82	144.63	124.94	133.57	134.90	137.44
P. I. Las Tejerías (Calahorra)	Polígono 38	051.10	013.36	047.40	012.18	063.42	061.23	041.54	050.17	051.25	054.04
P. I. La Azucarera (Calahorra)	Polígono 39	052.58	009.77	043.23	008.60	045.60	043.42	036.77	046.00	052.73	055.53
P. I. La Maladilla (Cenicero)	Polígono 40	118.57	069.07	114.87	075.77	123.89	128.70	109.00	117.64	118.71	121.51
P. I. Larrate (Cervera del Río Alhama)	Polígono 41	027.58	046.36	041.81	036.61	057.83	055.65	035.95	044.58	045.69	026.94
P. I. Valverde (Cervera del Río Alhama)	Polígono 42	028.27	060.81	042.92	051.06	058.94	056.75	037.05	045.69	046.80	027.64
P. I. El Rotulo (El Villar de Arnedo)	Polígono 43	063.39	021.76	059.69	020.59	057.59	055.41	053.83	062.46	063.54	066.33
P. I. El Hornillo (Fuenmayor)	Polígono 44	113.92	064.43	110.23	071.13	119.25	124.06	104.36	112.99	114.07	116.87
P. I. La Zanussi (Fuenmayor)	Polígono 45	117.55	068.05	113.85	074.75	122.87	127.68	107.99	116.62	117.70	120.49
P. I. El Buicio (Fuenmayor)	Polígono 46	113.36	063.86	109.66	070.56	118.68	123.49	103.80	112.43	113.51	116.30
P. I. Entrecarreteras (Haro)	Polígono 47	140.70	091.21	137.01	097.91	146.03	150.84	131.14	139.77	140.85	143.65
P. I. Agroalimentario (Haro)	Polígono 48	138.98	089.48	135.28	096.18	144.30	149.12	129.42	138.05	139.13	141.93
P. I. Fuentesiega (Haro)	Polígono 49	139.06	089.56	135.36	096.26	144.38	149.20	129.50	138.13	139.21	142.01
P. I. La Variante (Lardero)	Polígono 50	103.65	054.15	099.95	060.85	108.97	095.67	094.09	102.72	103.80	106.60
P. I. El Cortijo (Logroño)	Polígono 51	103.33	051.56	099.63	060.53	106.38	095.35	093.77	102.40	103.48	106.28
P. I. La Portalada (Logroño)	Polígono 52	099.89	050.39	096.19	057.09	105.21	091.91	090.33	098.96	100.04	102.84
P. I. Cantabria I (Logroño)	Polígono 53	100.35	044.63	087.51	052.88	099.45	103.71	081.05	090.28	100.50	103.29
P. I. Cantabria II (Logroño)	Polígono 54	100.38	044.66	087.54	052.91	099.49	103.74	081.09	090.31	100.53	103.33
P. I. Lentiscas (Navarrete)	Polígono 55	111.13	061.63	107.44	068.34	116.46	103.15	101.57	110.20	111.28	114.08
P. I. El Salegón (Pradejón)	Polígono 56	061.13	019.51	057.43	018.33	055.34	053.15	051.57	060.20	061.28	064.08
P. I. Moreta (Quel)	Polígono 57	063.88	023.70	060.18	022.53	059.53	057.34	054.32	062.95	064.03	066.83
P. I. Martín Grande (Rincón de Soto)	Polígono 58	038.79	022.43	035.10	012.68	051.11	048.93	029.23	037.86	038.94	041.74
P. I. San Lázaro (Santo Domingo de la Calzada)	Polígono 59	143.41	093.92	139.72	100.62	148.74	153.55	133.85	142.49	143.56	146.36

	Berbinzana	Buñuel	Cabanillas	Cadreita	Caparroso	Cárcar	Carcastillo	Cascante	Castejón	Cintruénigo	Corella	Cortes
	Cultivo 11	Cultivo 12	Cultivo 13	Cultivo 14	Cultivo 15	Cultivo 16	Cultivo 17	Cultivo 18	Cultivo 19	Cultivo 20	Cultivo 21	Cultivo 22
Polígono 1	081.65	018.70	017.87	034.33	048.02	063.31	066.83	005.79	027.17	023.45	031.81	022.81
Polígono 2	081.11	019.63	021.14	033.79	047.48	062.77	066.30	004.86	026.63	022.52	022.40	023.74
Polígono 3	051.09	035.60	021.59	008.77	022.47	044.09	041.28	030.31	013.18	026.35	023.99	039.71
Polígono 4	036.31	061.29	054.77	024.47	040.91	013.10	059.72	050.04	031.74	032.90	030.26	065.40
Polígono 5	089.77	003.81	009.66	042.44	056.13	071.43	074.95	024.40	035.28	042.28	039.92	011.97
Polígono 6	073.39	010.29	003.28	031.08	044.77	070.16	063.58	023.13	034.01	041.02	038.66	016.91
Polígono 7	051.11	035.62	021.61	008.79	022.48	044.11	041.30	030.33	013.20	026.37	024.01	039.73
Polígono 8	070.90	045.70	039.18	023.28	036.97	052.56	055.78	018.72	016.11	001.83	008.86	049.81
Polígono 9	063.31	044.28	037.76	021.86	035.55	044.97	054.36	018.88	014.69	000.37	005.72	048.39
Polígono 10	063.60	029.15	022.63	016.27	029.97	045.26	048.78	017.90	009.11	016.11	013.75	033.26
Polígono 11	089.50	003.54	009.39	042.18	055.87	071.16	074.68	024.13	035.02	042.02	039.66	011.71
Polígono 12	077.05	015.31	010.45	029.73	043.42	058.71	062.23	011.68	022.56	029.57	027.21	019.42
Polígono 13	073.39	010.29	003.28	031.08	044.77	070.16	063.58	023.13	034.01	041.02	038.66	016.91
Polígono 14	026.84	073.73	067.21	036.91	041.09	001.33	059.11	062.49	044.18	045.34	042.70	077.84
Polígono 15	044.03	066.39	050.19	026.32	008.96	049.40	010.23	055.15	031.29	044.46	042.10	070.50
Polígono 16	047.34	094.23	087.71	057.41	061.58	021.85	079.61	082.98	064.68	065.84	063.20	098.34
Polígono 17	044.64	052.15	035.96	009.28	025.72	026.30	044.53	040.91	017.06	030.23	028.01	056.26
Polígono 18	083.89	030.41	023.90	036.55	050.24	065.53	069.05	004.49	029.39	022.14	022.02	034.52
Polígono 19	028.85	063.37	056.85	026.58	019.94	021.37	037.96	052.13	033.82	034.98	032.34	067.48
Polígono 20	027.52	063.40	056.89	026.61	018.61	020.83	036.64	052.16	033.85	035.02	032.38	067.51
Polígono 21	085.17	007.93	007.75	037.85	051.54	066.83	070.36	019.80	030.69	037.69	035.33	015.08
Polígono 22	030.83	066.53	060.01	029.71	033.89	007.61	051.91	055.28	036.98	038.14	035.50	070.64
Polígono 23	038.46	079.84	073.33	048.53	052.71	012.97	070.73	068.60	050.29	051.67	048.82	083.95
Polígono 24	070.49	022.51	016.00	023.17	036.86	052.15	055.67	011.27	016.00	016.13	015.44	026.62
Polígono 25	077.50	017.43	010.72	027.03	040.72	059.16	059.54	012.13	023.02	030.02	027.66	021.54
Polígono 26	047.47	037.47	023.46	005.15	018.85	040.47	037.66	033.41	009.56	022.73	020.37	041.58
Polígono 27	033.68	052.69	036.49	009.81	015.16	039.82	033.18	041.44	017.59	030.76	028.40	056.80
Polígono 28	060.23	097.77	091.25	075.38	089.07	034.74	089.77	086.52	068.22	069.59	066.74	101.88
Polígono 29	077.79	118.56	112.04	096.17	109.86	054.35	119.55	107.31	089.01	090.38	087.53	122.67
Polígono 30	082.38	123.14	116.63	100.76	114.45	058.94	124.14	111.90	093.60	094.97	092.12	127.25
Polígono 31	046.80	051.92	045.40	029.53	043.22	030.96	062.04	040.67	022.37	023.74	020.89	056.03
Polígono 32	053.80	037.87	031.36	012.47	026.16	035.46	044.98	026.63	006.75	015.54	009.41	041.98
Polígono 33	056.43	036.24	029.72	013.85	027.54	038.09	046.36	024.99	006.69	014.31	010.19	040.35
Polígono 34	052.15	076.41	069.90	054.02	067.72	028.93	069.86	065.17	046.86	048.24	045.38	080.52
Polígono 35	053.43	077.69	071.18	055.31	069.00	030.21	071.14	066.45	048.14	045.24	046.67	081.80
Polígono 36	055.98	080.24	073.73	057.86	071.55	032.77	073.69	057.37	050.70	043.89	045.26	084.35
Polígono 37	104.26	145.02	138.51	122.63	136.33	080.81	146.27	133.78	115.47	116.85	113.99	149.13
Polígono 38	039.80	061.62	055.11	039.23	039.48	016.58	071.74	050.38	032.07	033.45	030.59	065.73
Polígono 39	036.22	063.10	056.59	031.72	035.90	013.00	053.92	051.86	033.55	034.93	032.08	067.21
Polígono 40	088.33	129.09	122.57	106.70	120.39	064.88	130.08	117.84	099.54	100.91	098.06	133.20
Polígono 41	067.93	056.07	049.55	033.65	047.34	049.59	066.15	023.38	026.48	009.89	013.89	060.18
Polígono 42	082.38	057.17	050.66	034.75	048.44	064.04	067.26	024.07	027.59	012.97	020.34	061.28
Polígono 43	048.21	073.91	067.40	051.52	065.22	021.98	065.91	062.67	044.36	045.74	042.88	078.02
Polígono 44	083.68	124.45	117.93	102.06	115.75	060.24	125.44	113.20	094.90	096.27	093.42	128.56
Polígono 45	087.31	128.07	121.56	105.68	119.38	063.86	129.07	116.83	098.52	099.90	097.04	132.18
Polígono 46	083.12	123.88	117.37	101.49	115.19	059.67	124.88	112.64	094.33	095.71	092.85	127.99
Polígono 47	110.46	151.23	144.71	128.84	142.53	087.02	152.22	139.98	121.68	123.05	120.20	155.34
Polígono 48	108.74	149.50	142.99	127.12	140.81	085.29	150.50	138.26	119.95	121.33	118.48	153.61
Polígono 49	108.82	149.58	143.07	127.20	140.89	085.37	150.58	138.34	120.03	121.41	118.56	153.69
Polígono 50	073.41	114.17	107.66	091.79	105.48	049.96	115.17	102.93	084.62	086.00	083.15	118.28
Polígono 51	070.82	113.85	107.34	091.47	105.16	047.37	112.58	102.61	084.30	085.68	082.83	117.96
Polígono 52	069.65	110.41	103.90	088.03	101.72	046.20	111.41	099.17	080.86	082.24	079.39	114.52
Polígono 53	063.89	110.87	104.36	076.00	096.19	040.44	105.65	099.63	081.32	082.70	079.84	114.98
Polígono 54	063.92	110.90	104.39	076.04	096.22	040.48	105.68	099.66	081.36	082.73	079.88	115.01
Polígono 55	080.89	121.66	115.14	099.27	112.96	057.45	122.65	110.41	092.11	093.48	090.63	125.77
Polígono 56	045.95	071.65	065.14	049.27	045.63	020.59	063.66	060.41	042.10	043.48	040.63	075.76
Polígono 57	050.14	074.40	067.89	052.02	065.71	026.92	067.85	063.16	044.85	046.23	043.38	078.51
Polígono 58	044.00	049.32	042.80	026.93	040.62	025.66	059.43	038.07	019.77	021.14	018.29	053.43
Polígono 59	113.18	153.94	147.42	131.55	145.24	089.73	154.93	142.69	124.39	125.76	122.91	158.05

	Falces	Fitero	Fontellas	Funes	Fustiñana	Larraza	Lerín	Lodosa	Marcella	Mélida	Mendavia	Mendigorría
	Cultivo 23	Cultivo 24	Cultivo 25	Cultivo 26	Cultivo 27	Cultivo 28	Cultivo 29	Cultivo 30	Cultivo 31	Cultivo 32	Cultivo 33	Cultivo 34
Polígono 1	065.52	024.70	013.52	051.61	016.10	086.01	073.81	076.29	050.07	057.42	083.98	091.84
Polígono 2	064.98	023.77	012.99	051.07	017.03	085.48	073.27	075.76	049.54	056.89	083.45	091.30
Polígono 3	034.96	034.42	020.73	032.38	025.14	060.46	054.59	053.18	024.52	031.87	064.76	066.28
Polígono 4	030.40	036.72	046.62	016.49	059.09	037.08	023.59	022.19	022.03	050.31	033.77	046.76
Polígono 5	073.63	050.36	015.62	059.72	007.89	094.13	081.92	084.41	058.19	065.54	092.10	099.95
Polígono 6	057.26	049.09	013.56	058.46	001.01	082.76	080.66	083.14	046.82	054.17	090.83	088.59
Polígono 7	034.98	034.44	020.75	032.40	025.16	060.48	054.61	053.20	024.54	031.89	064.78	066.30
Polígono 8	054.77	008.48	031.03	040.86	043.50	074.96	057.92	065.54	039.02	046.37	073.23	080.79
Polígono 9	047.18	005.99	029.61	033.27	042.08	073.54	055.47	054.07	037.60	044.95	065.65	079.37
Polígono 10	047.47	024.19	014.48	033.55	026.95	067.96	055.75	058.24	032.02	039.37	065.93	073.78
Polígono 11	073.37	050.09	015.35	059.46	007.63	093.86	081.66	084.14	057.92	065.27	091.83	099.69
Polígono 12	060.92	037.64	000.25	047.01	013.12	081.41	069.21	071.69	045.47	052.82	079.38	087.24
Polígono 13	057.26	049.09	013.56	058.46	001.01	082.76	080.66	083.14	046.82	054.17	090.83	088.59
Polígono 14	030.23	049.16	059.06	028.93	071.53	027.61	014.12	009.53	028.94	049.70	021.10	037.29
Polígono 15	027.90	052.54	049.34	024.42	053.75	047.11	048.95	058.50	019.78	000.72	070.08	052.93
Polígono 16	050.72	069.66	079.56	049.42	092.03	054.17	034.62	011.58	049.43	070.20	000.66	058.35
Polígono 17	028.51	034.47	035.10	014.60	039.51	050.00	036.80	035.39	019.66	035.12	046.97	055.83
Polígono 18	067.74	023.39	015.74	053.83	028.22	088.23	076.03	078.53	052.29	059.64	086.22	094.06
Polígono 19	012.72	038.80	048.70	002.97	060.41	034.21	027.06	030.46	007.79	028.55	042.04	040.04
Polígono 20	011.39	038.84	048.74	003.70	060.44	032.89	026.51	029.92	006.46	027.23	041.50	038.71
Polígono 21	069.04	045.77	011.03	055.13	005.98	089.54	077.33	079.82	053.60	060.95	087.51	095.36
Polígono 22	026.66	041.96	051.86	021.73	064.33	031.60	018.11	016.71	021.73	042.50	028.28	041.28
Polígono 23	041.85	055.49	065.18	040.55	077.65	039.23	025.74	007.63	040.56	061.32	018.59	048.91
Polígono 24	054.36	023.98	007.85	040.45	020.32	074.85	062.65	065.13	038.91	046.26	072.82	080.68
Polígono 25	061.37	038.10	002.56	047.46	014.27	078.72	069.66	072.15	042.78	050.13	079.84	084.54
Polígono 26	031.34	030.80	022.60	028.77	027.01	056.84	050.97	049.56	020.90	028.25	061.14	062.66
Polígono 27	017.55	038.84	035.63	012.87	040.04	039.04	038.60	048.92	007.11	023.77	060.50	044.86
Polígono 28	063.62	073.41	083.10	059.59	095.57	075.18	047.51	025.80	059.59	080.36	036.76	079.37
Polígono 29	083.22	094.20	103.89	080.38	116.36	073.10	065.40	044.08	080.38	112.34	032.47	077.28
Polígono 30	087.81	098.79	108.48	084.96	120.95	077.68	069.99	048.67	084.97	116.93	037.06	081.87
Polígono 31	030.67	027.56	037.25	016.75	049.72	052.16	041.45	039.25	022.29	052.63	050.22	057.98
Polígono 32	037.66	020.89	023.21	023.75	035.68	059.16	045.95	048.44	028.22	035.57	056.13	064.98
Polígono 33	040.30	022.38	021.57	026.39	034.04	061.79	048.59	051.07	029.60	036.95	058.76	067.62
Polígono 34	044.61	040.68	061.74	042.96	074.22	052.92	039.43	023.69	039.68	060.45	034.66	062.60
Polígono 35	045.89	039.93	063.02	044.24	075.50	054.20	040.71	024.98	040.96	061.73	035.94	063.88
Polígono 36	048.44	038.57	065.58	046.79	078.05	056.75	043.26	027.53	043.51	064.28	038.49	066.43
Polígono 37	109.69	124.39	130.35	106.84	142.83	099.56	091.87	070.54	106.85	145.73	058.94	103.75
Polígono 38	032.26	037.27	046.95	028.17	059.43	040.57	027.08	027.52	033.71	062.33	037.25	050.25
Polígono 39	028.68	038.75	048.43	023.74	060.91	036.98	023.49	022.09	023.75	044.51	033.67	046.66
Polígono 40	095.75	104.73	114.42	090.91	126.13	083.63	075.94	054.61	090.92	122.87	043.00	087.81
Polígono 41	051.80	004.58	041.40	037.88	053.87	073.29	060.08	058.68	043.42	056.74	070.26	079.11
Polígono 42	066.25	010.80	042.50	052.34	054.98	086.44	074.54	077.02	050.50	057.85	084.71	092.26
Polígono 43	040.67	049.56	059.24	035.73	071.72	048.97	035.49	013.59	035.74	056.50	024.55	058.66
Polígono 44	091.10	100.09	109.78	086.27	121.48	078.99	071.29	049.97	086.27	107.04	038.36	083.17
Polígono 45	092.74	103.72	113.40	089.89	125.88	082.61	074.92	053.59	089.90	121.86	041.99	086.80
Polígono 46	088.55	099.53	109.21	085.70	120.92	078.42	070.73	049.40	085.71	106.47	037.79	082.61
Polígono 47	117.88	125.85	136.56	113.05	148.26	105.77	098.07	076.75	113.05	145.01	065.14	109.95
Polígono 48	116.16	124.13	134.83	111.32	146.54	104.04	096.35	075.03	111.33	143.29	063.42	108.23
Polígono 49	116.24	124.21	134.92	111.40	146.62	104.12	096.43	075.11	111.41	143.37	063.50	108.31
Polígono 50	078.84	089.82	099.51	075.99	111.21	068.71	061.02	039.70	076.00	096.77	028.09	072.90
Polígono 51	078.24	089.50	099.19	075.67	110.89	066.12	058.43	037.10	075.68	105.37	025.49	070.30
Polígono 52	077.07	086.06	095.75	072.23	107.45	064.95	057.26	035.94	072.24	093.01	024.33	069.14
Polígono 53	069.32	086.52	096.20	068.02	107.91	059.19	051.50	030.17	068.03	098.44	018.57	063.38
Polígono 54	069.35	086.55	096.24	068.05	107.94	059.23	051.53	030.21	068.06	098.47	018.60	063.41
Polígono 55	086.32	097.30	106.99	083.47	118.69	076.20	068.50	047.18	083.48	115.44	035.57	080.38
Polígono 56	038.41	047.30	056.99	033.47	069.46	046.72	033.23	012.19	033.48	054.25	023.15	056.40
Polígono 57	042.60	040.84	059.74	040.95	072.21	050.91	037.42	026.04	037.67	058.44	037.00	060.59
Polígono 58	027.86	024.96	034.65	013.95	047.12	049.36	036.15	037.43	019.49	050.02	046.33	055.18
Polígono 59	118.60	133.31	139.27	115.76	150.97	108.48	100.78	079.46	115.76	147.72	067.85	112.66

	Milagro	Miranda de Arga	Monteagudo	Murchante	Murillo el Cuende	Peralta	Ribaforada	San Adrián	Santacara	Sartaguda	Sesma	Tudela
	Cultivo 35	Cultivo 36	Cultivo 37	Cultivo 38	Cultivo 39	Cultivo 40	Cultivo 41	Cultivo 42	Cultivo 43	Cultivo 44	Cultivo 45	Cultivo 46
Polígono 1	042.01	078.14	006.53	010.29	055.74	054.28	011.30	055.46	059.89	072.35	081.27	011.53
Polígono 2	041.48	077.60	005.82	009.36	055.20	053.74	012.23	054.92	059.35	071.81	080.73	010.99
Polígono 3	016.46	047.57	034.75	028.73	030.18	035.05	028.61	036.24	034.34	056.14	062.05	017.33
Polígono 4	015.31	043.01	054.48	044.85	036.69	019.15	054.30	005.24	040.88	025.14	031.05	044.72
Polígono 5	050.13	086.25	028.84	022.82	063.85	062.39	004.10	063.57	068.01	080.46	089.38	017.74
Polígono 6	038.76	069.88	022.00	021.55	052.49	061.12	004.66	062.31	056.64	079.20	088.12	012.68
Polígono 7	016.48	047.59	034.76	028.74	030.20	035.07	028.63	036.26	034.36	056.16	062.07	017.35
Polígono 8	030.96	067.39	023.06	017.07	044.69	043.53	038.70	044.71	048.84	061.60	070.52	029.13
Polígono 9	029.54	059.80	023.22	016.51	043.27	035.94	037.28	037.12	047.42	057.28	062.93	027.71
Polígono 10	023.96	060.08	022.34	012.71	037.68	036.22	022.16	037.41	041.84	054.30	063.22	012.58
Polígono 11	049.86	085.99	028.57	022.55	063.59	062.13	003.84	063.31	067.74	080.20	089.12	017.47
Polígono 12	037.41	073.53	016.12	010.10	051.14	049.67	008.32	050.86	055.29	067.75	076.67	004.42
Polígono 13	038.76	069.88	022.00	021.55	052.49	061.12	004.66	062.31	056.64	079.20	088.12	012.68
Polígono 14	027.76	029.02	066.92	057.29	045.70	022.04	066.74	010.52	049.90	012.48	018.39	057.17
Polígono 15	034.00	040.51	059.59	049.95	016.83	026.65	059.40	041.55	003.28	061.45	069.58	045.93
Polígono 16	048.25	049.51	087.42	077.79	066.20	042.54	087.23	031.01	070.39	019.92	018.77	077.66
Polígono 17	001.02	041.12	045.35	035.71	033.43	017.26	045.16	018.45	037.59	038.35	044.26	031.69
Polígono 18	044.23	080.36	000.82	008.98	057.96	056.50	023.42	057.70	062.11	074.57	083.51	013.75
Polígono 19	017.42	025.33	056.56	046.93	024.56	002.28	056.38	013.52	028.75	033.42	039.33	046.81
Polígono 20	017.46	024.01	056.60	046.97	023.23	001.01	056.41	012.97	027.42	032.87	038.78	046.84
Polígono 21	045.54	081.66	017.60	018.22	059.26	057.80	001.18	058.98	063.41	075.87	084.79	013.15
Polígono 22	020.55	033.01	059.72	050.09	038.50	014.84	059.53	001.78	042.69	019.66	025.57	049.96
Polígono 23	039.38	040.64	073.04	063.41	057.32	033.66	072.85	022.14	061.52	000.55	016.31	063.28
Polígono 24	030.85	066.97	015.71	005.24	044.58	043.11	015.52	044.30	048.73	061.19	070.11	004.60
Polígono 25	034.72	073.99	016.57	010.55	048.44	050.13	010.44	051.31	052.60	068.20	077.12	002.61
Polígono 26	012.84	043.95	037.85	028.22	026.56	031.43	030.48	032.62	030.72	052.52	058.43	019.19
Polígono 27	012.19	030.16	045.88	036.25	019.77	012.74	045.70	031.97	023.97	051.87	057.78	032.23
Polígono 28	058.41	062.41	090.96	081.33	076.36	052.70	090.77	039.60	080.55	031.36	034.48	081.20
Polígono 29	079.20	085.50	111.75	102.12	103.80	073.49	111.56	060.39	109.57	052.15	049.92	101.99
Polígono 30	083.79	090.09	116.34	106.71	108.39	078.08	116.15	064.97	114.15	056.74	054.51	106.58
Polígono 31	015.70	043.28	045.11	035.48	036.95	019.42	044.92	021.71	041.15	035.31	047.93	035.35
Polígono 32	020.16	050.28	031.07	021.44	033.88	026.42	030.88	027.60	038.04	044.49	053.41	021.31
Polígono 33	021.54	052.91	029.43	019.80	035.26	029.05	029.24	030.24	039.41	047.13	056.05	019.67
Polígono 34	038.50	054.33	069.61	059.97	056.45	032.78	069.42	019.68	060.64	019.75	032.37	059.85
Polígono 35	039.78	055.61	070.89	061.25	057.73	034.07	070.70	020.96	061.92	021.03	033.66	061.13
Polígono 36	042.33	058.16	073.44	063.81	060.28	036.62	073.25	023.52	064.47	023.59	036.21	063.68
Polígono 37	105.67	111.97	138.22	128.58	130.26	099.95	138.03	086.85	136.03	078.62	076.38	128.46
Polígono 38	027.12	041.98	054.82	045.18	044.10	020.43	054.63	007.33	048.29	023.58	034.54	045.06
Polígono 39	022.57	038.39	056.30	046.66	040.51	016.85	056.11	003.75	044.71	021.64	030.96	046.54
Polígono 40	089.74	096.04	122.28	112.65	114.33	084.02	122.10	070.92	120.10	062.69	060.45	112.52
Polígono 41	036.83	064.41	027.72	028.32	055.06	040.55	049.07	041.74	059.21	058.70	067.55	039.50
Polígono 42	042.44	078.86	028.41	029.43	056.16	055.00	050.18	056.19	060.32	073.08	082.00	040.61
Polígono 43	034.56	050.38	067.11	057.47	052.51	028.84	066.92	015.74	056.70	009.64	022.27	057.35
Polígono 44	085.09	091.39	117.64	108.01	109.69	079.38	117.45	066.28	115.46	058.04	055.81	107.88
Polígono 45	088.72	095.02	121.27	111.63	113.31	083.00	121.08	069.90	119.08	061.67	059.43	111.51
Polígono 46	084.53	090.83	117.08	107.44	109.12	078.81	116.89	065.71	114.89	057.48	055.24	107.32
Polígono 47	111.87	118.17	144.42	134.79	136.47	106.16	144.23	093.06	142.24	084.82	082.59	134.66
Polígono 48	110.15	116.45	142.70	133.06	134.75	104.43	142.51	091.33	140.51	083.10	080.86	132.94
Polígono 49	110.23	116.53	142.78	133.15	134.83	104.51	142.59	091.41	140.59	083.18	080.95	133.02
Polígono 50	074.82	081.12	107.37	097.74	099.42	069.10	107.18	056.00	105.18	047.77	045.54	097.61
Polígono 51	074.50	078.53	107.05	097.42	096.82	068.78	106.86	055.68	102.59	047.45	042.94	097.29
Polígono 52	071.06	077.36	103.61	093.98	095.66	065.34	103.42	052.24	101.42	044.01	041.78	093.85
Polígono 53	066.85	071.60	104.07	094.43	089.89	061.13	103.88	049.61	095.66	038.51	036.01	094.31
Polígono 54	066.88	071.63	104.10	094.47	089.93	061.16	103.91	049.64	095.69	038.54	036.05	094.34
Polígono 55	082.30	088.60	114.85	105.22	106.90	076.59	114.66	063.49	112.66	055.25	053.02	105.09
Polígono 56	032.30	048.13	064.85	055.22	050.25	026.58	064.66	013.48	054.44	008.24	020.87	055.09
Polígono 57	036.49	052.32	067.60	057.97	054.44	030.78	067.41	017.68	058.63	022.09	034.72	057.84
Polígono 58	012.90	040.48	042.51	032.88	034.15	016.62	042.32	017.80	038.34	033.49	043.61	032.75
Polígono 59	114.58	120.88	147.13	137.50	139.18	108.87	146.94	095.77	144.95	087.53	085.30	137.37

	Tulebras	Valtierra	Villafranca	Abalos	Agoncillo	Aguiar del rio Alhama	Albelda de Iregua	Alberite	Alcanadre	Aldeanueva de Ebro	Alesanco	Alesón
	Cultivo 47	Cultivo 48	Cultivo 49	Cultivo 50	Cultivo 51	Cultivo 52	Cultivo 53	Cultivo 54	Cultivo 55	Cultivo 56	Cultivo 57	Cultivo 58
Polígono 1	006.29	033.10	043.20	135.52	088.05	045.98	112.48	103.77	079.99	041.94	134.07	122.07
Polígono 2	005.36	032.56	042.66	134.98	087.52	045.05	111.94	103.23	079.45	041.40	133.53	121.54
Polígono 3	032.34	001.12	017.64	125.19	080.34	056.12	104.76	096.05	058.10	034.22	126.35	114.36
Polígono 4	052.08	029.66	027.97	091.65	044.63	052.74	069.05	060.34	027.11	018.40	090.64	078.65
Polígono 5	026.43	035.19	051.31	143.63	096.17	072.06	120.59	111.88	088.11	050.05	142.18	130.19
Polígono 6	021.76	026.18	039.94	142.36	094.90	070.79	119.32	110.62	086.84	048.79	140.92	128.92
Polígono 7	032.36	001.10	017.66	125.21	080.36	056.14	104.78	096.07	058.12	034.24	126.37	114.37
Polígono 8	020.65	025.12	032.14	124.77	077.30	030.18	101.73	093.02	069.24	031.19	123.32	111.32
Polígono 9	020.82	023.71	030.73	120.45	072.99	025.33	097.41	088.70	064.92	026.87	119.00	107.01
Polígono 10	019.94	018.12	025.14	114.85	070.00	045.89	094.42	085.72	061.94	023.88	116.02	104.02
Polígono 11	026.16	034.93	051.05	143.37	095.90	071.79	120.33	111.62	087.84	049.79	141.92	129.92
Polígono 12	013.71	021.88	038.60	130.91	083.45	059.34	107.87	099.17	075.39	037.34	129.47	117.47
Polígono 13	021.76	026.18	039.94	142.36	094.90	070.79	119.32	110.62	086.84	048.79	140.92	128.92
Polígono 14	064.52	042.10	040.41	072.53	034.78	065.18	058.00	050.06	014.45	029.61	079.60	067.60
Polígono 15	057.18	028.70	024.34	136.53	080.94	074.24	122.00	114.06	063.42	052.34	143.59	114.96
Polígono 16	085.01	062.60	060.91	060.17	033.19	081.32	035.75	027.81	017.34	050.10	057.35	045.35
Polígono 17	042.94	014.47	012.78	098.40	057.83	050.49	082.25	073.55	040.32	016.15	103.85	091.85
Polígono 18	001.63	035.32	045.42	137.75	090.27	044.67	114.71	106.01	082.21	044.16	136.31	124.31
Polígono 19	054.16	031.77	015.34	093.47	052.90	054.82	077.32	068.62	035.39	020.48	098.92	086.92
Polígono 20	054.19	031.80	014.01	092.93	052.36	054.85	076.78	068.07	034.84	020.51	098.37	086.38
Polígono 21	017.36	030.60	046.72	139.04	091.58	067.47	116.00	107.29	083.51	045.46	137.59	125.60
Polígono 22	057.32	034.90	033.21	079.71	042.70	057.98	065.18	057.24	021.63	022.41	086.78	074.78
Polígono 23	070.63	059.31	052.04	070.02	031.65	065.95	056.07	047.37	011.32	033.12	077.67	065.67
Polígono 24	013.30	021.14	032.04	124.35	076.89	045.68	101.31	092.61	068.83	030.78	122.91	110.91
Polígono 25	014.17	022.14	035.90	131.37	083.91	059.80	108.33	099.62	075.84	037.79	129.92	117.93
Polígono 26	035.44	001.23	014.02	121.57	076.72	052.50	101.14	092.43	054.49	030.60	122.73	110.74
Polígono 27	043.48	015.00	000.47	111.93	071.36	060.54	095.78	087.07	053.84	029.67	117.37	105.38
Polígono 28	088.55	077.23	071.07	052.24	000.00	081.22	027.82	019.12	020.25	051.05	049.42	037.42
Polígono 29	109.34	098.02	091.86	045.01	023.82	102.01	005.79	007.00	041.04	071.84	042.19	030.19
Polígono 30	113.93	102.61	096.45	049.60	028.41	106.59	000.00	006.76	045.63	076.42	039.64	027.64
Polígono 31	042.70	031.38	028.36	098.04	051.01	043.58	075.44	066.73	042.95	000.00	097.03	085.03
Polígono 32	028.66	014.32	021.34	105.05	060.20	036.90	084.62	075.91	052.14	014.08	106.21	094.22
Polígono 33	027.02	015.70	022.72	107.68	062.83	039.48	087.25	078.55	054.77	016.71	108.85	096.85
Polígono 34	067.20	055.87	051.16	082.38	035.35	047.79	059.77	051.07	027.29	019.12	081.37	069.37
Polígono 35	068.48	057.15	052.44	085.47	036.63	047.03	061.05	052.35	028.57	018.36	082.65	070.65
Polígono 36	071.03	059.71	058.40	086.21	039.18	045.68	063.60	054.90	031.12	020.92	085.20	073.20
Polígono 37	135.81	124.48	118.33	039.51	050.29	128.47	040.56	044.58	067.50	098.30	014.41	013.93
Polígono 38	052.41	041.08	039.78	084.23	039.28	053.28	063.70	055.00	031.22	014.90	085.30	073.30
Polígono 39	053.89	036.91	035.22	086.18	037.35	054.77	061.77	053.06	027.01	016.38	083.36	071.37
Polígono 40	119.88	108.55	102.39	017.86	034.35	112.54	031.63	028.64	051.57	082.37	020.42	011.84
Polígono 41	025.31	035.49	042.51	121.43	074.40	014.88	098.82	090.12	066.34	028.28	120.42	108.42
Polígono 42	026.00	036.60	043.62	136.24	088.78	017.37	113.20	104.50	080.72	042.66	134.80	122.80
Polígono 43	064.70	053.37	047.22	073.60	024.76	057.36	049.18	040.48	016.70	027.19	070.78	058.78
Polígono 44	115.23	103.91	097.75	022.52	029.71	107.90	026.99	024.00	046.93	077.73	025.09	020.71
Polígono 45	118.86	107.53	101.38	020.36	033.34	111.52	030.62	027.63	050.55	081.35	034.14	022.15
Polígono 46	114.67	103.34	097.19	023.08	029.14	107.33	026.43	023.43	046.36	077.16	032.14	020.15
Polígono 47	142.01	130.69	124.53	014.18	056.49	134.68	053.77	050.78	073.71	104.51	021.49	030.74
Polígono 48	140.29	128.96	122.81	016.09	054.77	132.95	052.05	049.06	071.99	102.78	019.77	029.02
Polígono 49	140.37	129.05	122.89	016.17	054.85	133.03	052.13	049.14	072.07	102.86	019.85	029.10
Polígono 50	104.96	093.64	087.48	040.62	019.44	097.62	010.16	005.62	036.66	067.45	037.81	025.81
Polígono 51	104.64	093.32	087.16	028.79	019.12	097.30	016.35	013.36	036.34	067.13	036.78	024.78
Polígono 52	101.20	089.88	083.72	029.71	015.68	093.86	014.33	007.42	032.90	063.69	035.97	023.98
Polígono 53	101.66	081.19	079.50	043.11	016.13	094.32	018.70	010.76	033.35	064.15	040.29	028.30
Polígono 54	101.69	081.23	079.54	043.15	016.17	094.35	018.73	010.79	033.39	064.18	040.33	028.33
Polígono 55	112.44	101.12	094.96	028.98	026.92	105.11	017.96	021.21	044.14	074.94	025.09	013.09
Polígono 56	062.44	051.12	044.96	077.02	028.19	063.32	052.61	043.90	015.89	024.93	074.20	062.20
Polígono 57	065.19	053.87	049.15	086.53	037.69	047.95	062.11	053.41	029.63	015.60	083.71	071.71
Polígono 58	040.10	028.78	025.56	094.14	049.19	040.98	073.61	064.91	041.13	002.79	095.21	083.21
Polígono 59	144.73	133.40	127.24	035.14	059.20	137.39	049.47	053.49	076.42	107.22	012.98	024.29

	Alfaro	Anguiano	Anguiano	Arenzana de abajo	Arenzana de arriba	Armadillo	Armado	Arrabal	Agusajo	Autor	Azofra	Badarán
	Cultivo 59	Cultivo 60	Cultivo 61	Cultivo 62	Cultivo 63	Cultivo 64	Cultivo 65	Cultivo 66	Cultivo 67	Cultivo 68	Cultivo 69	Cultivo 70
Polígono 1	028.12	147.16	142.53	127.83	126.95	074.17	062.11	084.26	070.52	051.84	132.69	134.10
Polígono 2	027.59	146.62	142.00	127.29	126.41	073.63	061.57	083.73	069.98	051.30	132.16	133.57
Polígono 3	017.00	139.44	134.82	120.11	119.23	066.45	054.39	076.55	062.80	044.12	124.98	126.39
Polígono 4	023.10	103.73	099.11	084.40	083.53	039.22	027.16	040.84	027.09	022.74	089.27	090.68
Polígono 5	036.24	155.27	150.65	135.94	135.07	082.29	070.22	092.38	078.63	059.95	140.81	142.22
Polígono 6	034.97	154.01	149.38	134.68	133.80	081.02	068.96	091.11	077.37	058.69	139.54	140.95
Polígono 7	017.02	139.46	134.83	120.13	119.25	066.47	054.41	076.57	062.82	044.14	124.99	126.41
Polígono 8	016.38	136.41	131.78	117.08	116.20	057.29	045.51	073.51	059.77	041.09	121.94	123.35
Polígono 9	015.24	132.09	127.47	112.76	111.88	055.85	044.07	069.20	055.45	036.77	117.63	119.04
Polígono 10	010.07	129.10	124.48	109.78	108.90	056.12	044.05	066.21	052.47	033.78	114.64	116.05
Polígono 11	035.97	155.01	150.38	135.68	134.80	082.02	069.96	092.11	078.37	059.69	140.54	141.95
Polígono 12	023.52	142.56	137.93	123.23	122.35	069.57	057.51	079.66	065.92	047.24	128.09	129.50
Polígono 13	034.97	154.01	149.38	134.68	133.80	081.02	068.96	091.11	077.37	058.69	139.54	140.95
Polígono 14	035.54	092.69	088.06	073.36	072.48	044.49	032.43	030.99	024.04	028.01	078.22	079.63
Polígono 15	035.12	156.68	152.06	120.71	136.47	075.53	063.46	077.15	063.40	062.24	142.22	143.63
Polígono 16	056.04	070.44	065.81	051.11	050.23	050.30	038.23	037.22	026.94	048.51	055.97	057.38
Polígono 17	020.85	116.94	112.31	097.61	096.73	052.42	040.36	054.04	040.30	026.05	102.47	103.88
Polígono 18	030.34	149.40	144.77	130.07	129.19	076.41	064.33	086.48	072.74	054.06	134.93	136.34
Polígono 19	025.18	112.01	107.38	092.68	091.80	047.49	035.43	049.11	035.37	030.38	097.54	098.95
Polígono 20	025.21	111.46	106.84	092.13	091.26	046.95	034.89	048.57	034.82	030.41	097.00	098.41
Polígono 21	031.65	150.68	146.06	131.35	130.47	077.69	065.63	087.79	074.04	055.36	136.22	137.63
Polígono 22	028.34	099.87	095.24	080.54	079.66	037.29	025.23	038.91	025.17	020.81	085.40	086.81
Polígono 23	041.65	090.76	085.55	071.43	070.55	034.93	022.86	027.86	016.57	027.38	076.29	077.70
Polígono 24	016.96	136.00	131.37	116.67	115.79	063.01	050.95	073.10	059.36	040.68	121.53	122.94
Polígono 25	023.98	143.01	138.39	123.68	122.80	070.02	057.96	080.12	066.37	047.69	128.55	129.96
Polígono 26	013.38	135.82	131.20	116.49	115.62	062.83	050.77	072.93	059.18	040.50	121.36	122.77
Polígono 27	021.42	130.46	125.84	111.13	110.25	065.95	053.88	067.57	053.82	039.57	116.00	117.41
Polígono 28	059.58	062.50	057.88	043.18	042.30	050.20	038.13	007.06	018.28	042.65	048.04	049.45
Polígono 29	080.37	055.28	050.65	035.95	035.07	070.99	058.92	027.85	039.07	063.44	040.81	042.22
Polígono 30	084.96	059.86	048.10	033.40	032.52	075.58	063.51	032.44	043.65	068.03	038.26	039.67
Polígono 31	013.73	110.12	105.49	090.79	089.91	032.23	020.17	047.22	033.48	009.90	095.65	097.06
Polígono 32	000.00	119.30	114.68	099.97	099.10	046.32	034.25	056.41	042.66	023.98	104.84	106.25
Polígono 33	002.91	121.93	117.31	102.61	101.73	048.95	036.88	059.04	045.30	026.61	107.47	108.88
Polígono 34	038.22	094.45	089.83	075.13	074.25	014.56	002.49	031.56	017.82	009.22	079.99	081.40
Polígono 35	039.50	095.74	091.11	076.41	075.53	013.87	001.80	032.84	019.10	008.46	081.27	082.68
Polígono 36	042.06	098.29	093.66	078.96	078.08	014.01	002.23	035.39	021.65	011.01	083.82	085.23
Polígono 37	106.83	047.65	009.15	008.61	012.38	097.45	085.39	054.32	065.53	089.91	020.16	007.47
Polígono 38	023.43	098.38	093.76	079.06	078.18	032.20	020.14	035.49	021.75	015.72	083.92	085.33
Polígono 39	024.91	096.45	091.83	077.12	076.24	031.27	019.21	033.56	019.81	014.79	081.99	083.40
Polígono 40	090.90	028.13	030.57	015.87	014.99	081.52	069.46	038.38	049.60	073.97	019.04	022.14
Polígono 41	021.85	133.50	124.59	114.18	113.30	045.40	033.62	070.61	056.87	038.18	119.04	120.45
Polígono 42	027.86	147.88	143.26	128.56	127.68	059.34	047.56	084.99	071.25	052.56	133.42	134.83
Polígono 43	035.72	083.87	079.24	064.54	063.66	026.34	014.28	020.97	007.23	018.80	069.40	070.81
Polígono 44	086.26	032.79	034.21	019.51	018.63	076.88	064.81	033.74	044.96	069.33	023.71	025.78
Polígono 45	089.88	042.93	042.61	027.90	027.02	080.50	068.44	037.37	048.58	072.96	032.77	034.18
Polígono 46	085.69	033.35	040.61	025.90	025.02	076.31	064.25	033.18	044.39	068.77	030.77	032.18
Polígono 47	113.04	004.83	049.47	034.76	033.89	103.66	091.59	060.52	071.74	096.11	020.12	028.15
Polígono 48	111.31	006.91	047.74	033.04	032.16	101.93	089.87	058.80	070.01	094.39	018.39	026.42
Polígono 49	111.39	006.99	047.82	033.12	032.24	102.02	089.95	058.88	070.09	094.47	018.47	026.51
Polígono 50	075.98	050.89	046.27	031.57	030.69	066.61	054.54	023.47	034.68	059.06	036.43	037.84
Polígono 51	075.66	049.86	045.24	030.54	029.66	066.29	054.22	023.15	034.36	058.74	035.40	036.81
Polígono 52	072.22	049.06	044.44	029.73	028.85	062.85	050.78	019.71	030.92	055.30	034.60	036.01
Polígono 53	072.68	053.38	048.76	034.05	033.18	063.30	051.24	020.17	031.38	055.76	038.92	040.33
Polígono 54	072.72	053.42	048.79	034.09	033.21	063.34	051.27	020.20	031.41	055.79	038.95	040.36
Polígono 55	083.47	039.25	033.55	018.85	017.97	074.09	062.02	030.95	042.16	066.54	023.71	025.12
Polígono 56	033.46	087.29	082.66	067.96	067.08	029.00	016.94	024.40	010.65	021.79	072.82	074.24
Polígono 57	036.21	096.80	092.17	077.47	076.59	016.92	004.85	033.90	020.16	005.70	082.33	083.74
Polígono 58	011.13	108.30	103.67	088.97	088.09	035.02	022.96	045.40	031.66	012.69	093.83	095.24
Polígono 59	115.75	018.44	031.81	028.31	027.43	106.37	094.31	063.23	074.45	098.82	013.83	016.39

	Bañares	Baños de Rioja	Baños de Río Tobía	Berceo	Bergasa	Bezares	Bobadilla	Briñas	Briones	Calahorra	Camprovin	Canillas de Río Tuerto
	Cultivo 71	Cultivo 72	Cultivo 73	Cultivo 74	Cultivo 75	Cultivo 76	Cultivo 77	Cultivo 78	Cultivo 79	Cultivo 80	Cultivo 81	Cultivo 82
Polígono 1	143.31	151.92	133.47	144.66	072.24	130.14	135.28	144.90	133.98	052.47	132.79	136.98
Polígono 2	142.77	151.38	132.94	144.12	071.71	129.60	134.74	144.36	133.44	051.94	132.26	136.44
Polígono 3	135.59	144.20	125.76	131.60	064.53	122.42	127.56	137.18	126.26	040.72	125.08	129.26
Polígono 4	099.89	108.50	090.05	095.89	028.82	086.72	091.85	101.47	090.55	009.73	089.37	093.55
Polígono 5	151.43	160.04	141.59	147.43	080.36	138.26	143.39	153.01	142.09	060.59	140.91	145.09
Polígono 6	150.16	158.77	140.32	146.17	079.09	136.99	142.13	151.75	140.83	059.32	139.64	143.83
Polígono 7	135.61	144.22	125.77	131.62	064.55	122.44	127.58	137.20	126.28	040.74	125.10	129.28
Polígono 8	132.56	141.17	122.72	133.91	061.49	119.39	124.53	134.15	123.23	041.72	122.04	126.23
Polígono 9	128.24	136.85	118.41	129.59	057.18	115.07	120.21	129.83	118.91	037.41	117.73	121.91
Polígono 10	125.26	133.87	115.42	121.27	054.19	112.09	117.23	126.84	115.92	034.42	114.74	118.92
Polígono 11	151.16	159.77	141.32	147.17	080.09	137.99	143.13	152.75	141.83	060.32	140.64	144.83
Polígono 12	138.71	147.32	128.87	134.72	067.64	125.54	130.68	140.30	129.38	047.87	128.19	132.38
Polígono 13	150.16	158.77	140.32	146.17	079.09	136.99	142.13	151.75	140.83	059.32	139.64	143.83
Polígono 14	088.84	097.45	079.00	090.19	030.11	075.67	080.81	090.43	079.51	015.00	078.32	082.51
Polígono 15	152.83	161.44	143.00	149.03	065.13	139.66	144.80	154.42	143.50	046.04	142.32	146.50
Polígono 16	066.59	075.20	056.75	067.94	033.67	053.42	058.56	068.18	057.25	035.50	056.07	060.26
Polígono 17	113.09	121.70	103.25	109.10	042.02	099.92	105.06	114.68	103.76	022.93	102.57	106.76
Polígono 18	145.55	154.16	135.71	146.90	074.46	132.38	137.52	147.14	136.22	054.69	135.03	139.22
Polígono 19	108.16	116.77	098.32	104.17	037.09	094.99	100.13	109.75	098.83	018.00	097.64	101.83
Polígono 20	107.62	116.23	097.78	103.62	036.55	094.45	099.58	109.20	098.28	017.46	097.10	101.28
Polígono 21	146.83	155.44	137.00	143.03	075.77	133.66	138.80	148.42	137.50	056.00	136.32	140.50
Polígono 22	096.02	104.63	086.18	092.03	026.89	082.85	087.99	097.61	086.69	007.80	085.50	089.69
Polígono 23	086.91	095.52	077.07	088.26	018.30	073.74	078.88	088.50	077.58	018.55	075.81	080.58
Polígono 24	132.15	140.76	122.31	128.16	061.08	118.98	124.12	133.74	122.82	041.31	121.63	125.82
Polígono 25	139.16	147.77	129.33	135.17	068.10	125.99	131.13	140.75	129.83	048.33	128.65	132.83
Polígono 26	131.97	140.59	122.14	127.98	060.91	118.80	123.94	133.56	122.64	037.10	121.46	125.64
Polígono 27	126.61	135.22	116.78	122.62	055.55	113.44	118.58	128.20	117.28	036.46	116.10	120.28
Polígono 28	058.66	067.27	048.82	060.01	033.57	045.49	050.63	060.25	049.32	036.47	048.14	052.33
Polígono 29	051.43	060.04	041.59	052.78	054.36	038.26	043.40	053.02	042.10	057.26	040.91	045.10
Polígono 30	048.88	057.49	039.04	050.23	058.95	035.71	040.85	057.61	046.68	061.85	038.36	042.55
Polígono 31	106.27	114.88	096.43	102.28	026.43	093.10	098.24	107.86	096.94	015.43	095.75	099.94
Polígono 32	115.46	124.07	105.62	111.46	044.39	102.29	107.42	117.04	106.12	024.62	104.94	109.12
Polígono 33	118.09	126.70	108.25	114.10	047.02	104.92	110.06	119.68	108.75	027.25	107.57	111.76
Polígono 34	090.61	099.22	080.77	091.96	008.77	077.44	082.58	092.19	081.27	014.74	080.09	084.27
Polígono 35	091.89	100.50	082.05	093.24	010.05	078.72	083.86	093.48	082.55	016.02	081.37	085.56
Polígono 36	094.44	103.05	084.60	095.79	012.61	081.27	086.41	096.03	085.11	018.57	083.92	088.11
Polígono 37	030.78	039.39	001.18	012.68	080.82	015.57	001.89	041.53	030.61	083.72	011.75	015.26
Polígono 38	094.54	103.15	084.70	095.89	023.47	081.37	086.51	096.12	085.20	003.08	084.02	088.20
Polígono 39	092.60	101.21	082.77	088.61	020.40	079.43	084.57	094.19	083.27	001.54	082.09	086.27
Polígono 40	029.66	031.62	021.51	031.01	064.89	018.18	023.32	025.87	014.95	067.79	020.83	023.33
Polígono 41	129.66	138.27	119.82	131.01	043.53	116.49	121.63	131.24	120.32	038.82	119.14	123.32
Polígono 42	144.04	152.65	134.20	145.39	057.47	130.87	136.01	145.63	134.70	053.20	133.52	137.71
Polígono 43	080.02	088.63	070.18	081.37	009.71	066.85	071.99	081.61	070.69	012.61	069.50	073.69
Polígono 44	034.33	036.27	025.15	035.68	060.25	021.82	026.96	030.53	019.60	063.15	024.47	028.00
Polígono 45	043.38	051.99	033.55	044.73	063.87	030.21	035.35	040.67	029.75	066.77	032.87	037.05
Polígono 46	041.38	036.84	031.55	042.73	059.68	028.21	033.35	031.09	020.17	062.58	030.87	035.05
Polígono 47	014.72	012.27	040.41	032.08	087.03	037.08	042.21	004.50	008.35	089.93	039.73	024.40
Polígono 48	015.16	015.20	038.68	030.36	085.31	035.35	040.49	006.11	006.63	088.21	038.00	022.68
Polígono 49	015.24	015.28	038.76	030.44	085.39	035.43	040.57	006.19	006.71	088.29	038.09	022.76
Polígono 50	047.05	055.66	037.21	048.40	049.98	033.88	039.02	048.63	037.71	052.88	036.53	040.71
Polígono 51	046.02	054.63	036.18	047.37	049.66	032.85	037.99	047.60	036.68	052.56	035.50	039.68
Polígono 52	045.21	053.82	035.38	046.56	046.22	032.04	037.18	046.80	035.88	049.12	034.70	038.88
Polígono 53	049.53	058.15	039.70	050.88	046.67	036.36	041.50	051.12	040.20	049.57	039.02	043.20
Polígono 54	049.57	058.18	039.73	050.92	046.71	036.40	041.54	051.16	040.23	049.61	039.05	043.24
Polígono 55	034.33	042.94	024.49	035.68	057.46	021.16	026.30	036.99	026.07	060.36	023.81	027.99
Polígono 56	083.44	092.05	073.60	084.79	012.38	070.27	075.41	085.03	074.11	010.36	072.93	077.11
Polígono 57	092.95	101.56	083.11	094.30	011.11	079.78	084.92	094.54	083.62	012.73	082.43	086.62
Polígono 58	104.45	113.06	094.61	100.46	033.38	091.28	096.42	106.04	095.12	013.61	093.93	098.12
Polígono 59	005.67	010.19	022.71	016.87	089.74	030.62	024.56	028.58	026.23	092.64	033.28	012.86

	Cañas	Cárdenas	Casalarreina	Castañares de Rioja	Cellorigo	Cenicero	Cervera del Río Alhama	Cidamón	Cihuri	Cirueña	Clavijo	Cordovin
	Cultivo 83	Cultivo 84	Cultivo 85	Cultivo 86	Cultivo 87	Cultivo 88	Cultivo 89	Cultivo 90	Cultivo 91	Cultivo 92	Cultivo 93	Cultivo 94
Polígono 1	137.53	130.45	145.32	150.74	160.95	119.00	039.23	145.08	147.32	142.46	109.98	138.14
Polígono 2	137.00	129.91	144.78	150.20	160.41	118.46	038.30	144.54	146.78	141.92	109.44	137.60
Polígono 3	129.82	122.73	137.60	143.02	153.23	111.28	049.38	137.36	139.60	134.74	102.26	130.42
Polígono 4	094.11	087.03	101.89	107.32	117.52	075.58	045.99	101.65	103.89	099.04	066.55	094.71
Polígono 5	145.65	138.57	153.43	158.86	169.06	127.12	065.31	153.19	155.43	150.58	118.09	146.25
Polígono 6	144.38	137.30	152.17	157.59	167.80	125.85	064.05	151.92	154.17	149.31	116.82	144.99
Polígono 7	129.84	122.75	137.62	143.04	153.25	111.30	049.40	137.38	139.62	134.76	102.28	130.44
Polígono 8	126.78	119.70	134.57	139.99	150.20	108.25	023.44	134.33	136.57	131.71	099.23	127.39
Polígono 9	122.47	115.38	130.25	135.67	145.88	103.93	018.58	130.01	132.25	127.39	094.91	123.07
Polígono 10	119.48	112.40	127.26	132.69	142.89	100.95	039.14	127.02	129.26	124.41	091.92	120.08
Polígono 11	145.38	138.30	153.17	158.59	168.80	126.85	065.05	152.93	155.17	150.31	117.83	145.99
Polígono 12	132.93	125.85	140.72	146.14	156.35	114.40	052.60	140.47	142.72	137.86	105.37	133.54
Polígono 13	144.38	137.30	152.17	157.59	167.80	125.85	064.05	151.92	154.17	149.31	116.82	144.99
Polígono 14	083.06	075.98	090.85	096.27	106.48	064.53	058.44	090.60	092.85	087.99	058.36	083.67
Polígono 15	147.06	139.97	154.84	160.26	170.47	128.52	067.49	154.60	156.84	151.98	120.37	147.66
Polígono 16	060.81	053.73	068.59	074.02	084.22	042.28	074.57	068.35	070.59	065.74	036.11	061.41
Polígono 17	107.31	100.23	115.09	120.52	130.72	088.78	043.74	114.85	117.09	112.24	079.75	107.91
Polígono 18	139.77	132.69	147.56	152.98	163.19	121.24	037.92	147.31	149.56	144.70	112.21	140.38
Polígono 19	102.38	095.30	110.16	115.59	125.79	083.85	048.08	109.92	112.16	107.31	074.82	102.98
Polígono 20	101.84	094.76	109.62	115.05	125.25	083.31	048.11	109.38	111.62	106.77	074.28	102.44
Polígono 21	141.06	133.97	148.84	154.26	164.47	122.52	060.72	148.60	150.84	145.98	113.50	141.66
Polígono 22	090.24	083.16	098.03	103.45	113.66	071.71	051.23	097.78	100.03	095.17	064.62	090.85
Polígono 23	081.13	073.47	088.92	094.34	104.55	062.60	059.20	088.09	090.92	086.06	053.57	081.74
Polígono 24	126.37	119.29	134.16	139.58	149.79	107.84	038.94	133.91	136.16	131.30	098.81	126.98
Polígono 25	133.39	126.30	141.17	146.59	156.80	114.85	053.05	140.93	143.17	138.31	105.83	133.99
Polígono 26	126.20	119.12	133.98	139.40	149.61	107.66	045.76	133.74	135.98	131.13	098.64	126.80
Polígono 27	120.84	113.75	128.62	134.04	144.25	102.30	053.79	128.38	130.62	125.76	093.28	121.44
Polígono 28	052.88	045.80	060.66	066.09	076.29	034.35	074.47	060.42	062.66	057.81	025.32	053.48
Polígono 29	045.65	038.57	053.43	058.86	069.06	027.12	095.26	053.19	055.43	050.58	015.27	046.25
Polígono 30	043.10	036.02	060.95	056.31	073.65	031.71	099.85	050.64	060.02	048.03	014.75	043.71
Polígono 31	100.49	093.41	108.28	113.70	123.91	081.96	036.84	108.04	110.28	105.42	072.94	101.10
Polígono 32	109.68	102.60	117.46	122.89	133.09	091.15	030.16	117.22	119.46	114.61	082.12	110.28
Polígono 33	112.31	105.23	120.09	125.52	135.72	093.78	032.73	119.85	122.09	117.24	084.75	112.91
Polígono 34	084.83	077.75	092.61	098.04	108.24	066.30	041.05	092.37	094.61	089.76	057.27	085.43
Polígono 35	086.11	079.03	093.89	099.32	109.52	067.58	040.29	093.65	095.89	091.04	058.55	086.71
Polígono 36	088.66	081.58	096.45	101.87	112.08	070.13	038.93	096.20	098.45	093.59	061.10	089.27
Polígono 37	014.14	008.17	042.85	038.21	059.00	022.49	121.73	032.54	045.74	017.81	052.84	010.06
Polígono 38	088.76	081.68	096.54	101.97	112.17	070.23	046.54	096.30	098.54	093.69	061.20	089.36
Polígono 39	086.83	079.74	094.61	100.03	110.24	068.29	048.02	094.37	096.61	091.75	059.27	087.43
Polígono 40	023.88	018.49	026.29	030.47	041.92	000.03	105.79	027.10	028.29	028.81	036.91	024.49
Polígono 41	123.88	116.80	131.66	137.09	147.29	105.35	008.13	131.42	133.66	128.81	096.32	124.48
Polígono 42	138.26	131.18	146.04	151.47	161.67	119.73	010.62	145.80	148.04	143.19	110.70	138.86
Polígono 43	074.24	067.16	082.03	087.45	097.66	055.71	050.62	081.78	084.03	079.17	046.68	074.85
Polígono 44	028.55	022.13	030.94	035.12	046.57	004.63	101.15	031.75	032.94	033.48	032.27	029.15
Polígono 45	037.61	030.52	041.09	050.81	056.72	013.87	104.78	045.15	043.09	042.53	035.89	038.21
Polígono 46	035.61	028.52	031.51	035.69	047.14	005.19	100.59	032.31	033.51	040.53	031.70	036.21
Polígono 47	024.96	037.39	006.94	011.12	020.10	022.11	127.93	010.24	007.19	026.43	059.05	025.56
Polígono 48	023.23	035.66	009.87	014.05	025.50	020.38	126.21	010.67	011.87	025.30	057.32	023.83
Polígono 49	023.31	035.74	009.95	014.13	025.58	020.46	126.29	010.75	011.95	025.38	057.41	023.92
Polígono 50	041.27	034.19	049.05	054.48	064.68	022.74	090.88	048.81	051.05	046.20	013.89	041.87
Polígono 51	040.24	033.16	048.02	053.45	063.65	021.71	090.56	047.78	050.02	045.17	021.62	040.84
Polígono 52	039.44	032.35	047.22	052.64	062.85	020.90	087.12	046.98	049.22	044.36	015.69	040.04
Polígono 53	043.76	036.68	051.54	056.96	067.17	025.22	087.58	051.30	053.54	048.69	019.06	044.36
Polígono 54	043.79	036.71	051.57	057.00	067.20	025.26	087.61	051.33	053.57	048.72	019.09	044.39
Polígono 55	028.55	021.47	037.41	041.76	053.04	011.09	098.36	036.09	039.41	033.48	029.48	029.15
Polígono 56	077.67	070.58	085.45	090.87	101.08	059.13	056.57	085.21	087.45	082.59	050.11	078.27
Polígono 57	087.17	080.09	094.95	100.38	110.58	068.64	041.20	094.71	096.95	092.10	059.61	087.77
Polígono 58	098.67	091.59	106.46	111.88	122.09	080.14	034.23	106.21	108.46	103.60	071.11	099.28
Polígono 59	011.74	020.45	013.64	009.00	029.79	029.93	130.64	010.00	016.54	005.99	061.76	016.75

	Corera	Cornago	Corporales	Cuzcurrita de Río Tirón	Daroca de Rioja	Entrena	Estollo	Ezcaray	Foncea	Fonzaleche	Fuenmayor	Galbarruli
	Cultivo 95	Cultivo 96	Cultivo 97	Cultivo 98	Cultivo 99	Cultivo 100	Cultivo 101	Cultivo 102	Cultivo 103	Cultivo 104	Cultivo 105	Cultivo 106
Polígono 1	074.76	047.32	148.31	151.02	118.80	110.93	141.62	157.82	160.63	156.03	111.45	158.27
Polígono 2	074.22	046.39	147.77	150.48	118.26	110.39	141.08	157.28	160.09	155.49	110.92	157.73
Polígono 3	067.04	057.05	140.59	143.30	111.08	103.21	134.08	150.10	152.91	148.31	103.74	150.55
Polígono 4	031.33	050.59	104.88	107.60	075.37	067.50	098.19	114.39	117.20	112.60	068.03	114.84
Polígono 5	082.87	072.98	156.42	159.14	126.91	119.04	149.91	165.93	168.74	164.14	119.57	166.38
Polígono 6	081.60	071.72	155.16	157.87	125.65	117.78	148.65	164.67	167.48	162.88	118.30	165.12
Polígono 7	067.06	057.06	140.61	143.32	111.10	103.23	134.10	150.12	152.93	148.33	103.75	150.57
Polígono 8	064.01	031.11	137.56	140.27	108.05	100.18	136.21	147.07	149.88	145.28	100.70	147.52
Polígono 9	059.69	029.67	133.24	135.95	103.73	095.86	131.89	142.75	145.56	140.96	096.39	143.20
Polígono 10	056.70	046.81	130.25	132.97	100.75	092.87	123.74	139.77	142.57	137.98	093.40	140.22
Polígono 11	082.61	072.72	156.16	158.87	126.65	118.78	149.65	165.67	168.48	163.88	119.30	166.12
Polígono 12	070.15	060.27	143.71	146.42	114.20	106.33	137.20	153.22	156.03	151.43	106.85	153.67
Polígono 13	081.60	071.72	155.16	157.87	125.65	117.78	148.65	164.67	167.48	162.88	118.30	165.12
Polígono 14	026.18	055.87	093.84	096.55	064.33	056.46	087.14	103.35	106.16	101.56	056.98	103.80
Polígono 15	067.64	075.16	157.83	160.54	128.32	120.45	151.14	167.34	170.15	165.55	120.98	167.79
Polígono 16	029.08	061.67	071.58	074.30	042.08	034.21	070.23	081.10	083.90	079.31	034.73	081.55
Polígono 17	044.53	056.91	118.09	120.80	088.58	080.71	111.39	127.60	130.40	125.81	081.23	128.05
Polígono 18	076.98	046.01	150.55	153.26	121.04	113.17	149.20	160.06	162.87	158.27	113.69	160.51
Polígono 19	039.60	061.24	113.16	115.87	083.65	075.78	106.46	122.67	125.47	120.88	076.30	123.12
Polígono 20	039.06	061.27	112.61	115.33	083.10	075.23	105.92	122.12	124.93	120.33	075.76	122.57
Polígono 21	078.28	068.39	151.83	154.54	122.32	114.45	145.32	161.34	164.15	159.55	114.98	161.79
Polígono 22	029.40	048.66	101.02	103.73	071.51	063.64	094.32	110.53	113.34	108.74	064.16	110.98
Polígono 23	020.81	046.30	091.91	094.62	062.40	054.53	084.63	101.42	104.23	099.63	055.05	101.87
Polígono 24	063.59	046.61	137.15	139.86	107.64	099.77	130.64	146.66	149.47	144.87	100.29	147.11
Polígono 25	070.61	060.72	144.16	146.87	114.65	106.78	137.47	153.67	156.48	151.88	107.31	154.12
Polígono 26	063.42	053.43	136.97	139.69	107.46	099.59	130.28	146.48	149.29	144.69	100.12	146.93
Polígono 27	058.06	061.46	131.61	134.32	102.10	094.23	124.92	141.12	143.93	139.33	094.76	141.57
Polígono 28	016.42	061.57	063.65	066.37	034.15	026.28	062.30	073.17	075.97	071.38	026.80	073.62
Polígono 29	037.21	082.36	056.43	059.14	016.23	009.80	055.07	065.94	068.74	064.15	019.57	066.39
Polígono 30	031.58	086.95	053.88	063.73	015.08	010.14	052.53	063.39	073.33	068.74	024.16	070.98
Polígono 31	037.72	043.62	111.27	113.98	081.76	073.89	104.58	120.78	123.59	118.99	074.41	121.23
Polígono 32	046.90	043.32	120.45	123.17	090.94	083.07	113.94	129.96	132.77	128.17	083.60	130.41
Polígono 33	049.53	045.90	123.08	125.80	093.58	085.71	116.57	132.60	135.40	130.81	086.23	133.05
Polígono 34	022.05	028.15	095.60	098.32	066.10	058.22	094.25	105.12	107.92	103.33	058.75	105.57
Polígono 35	023.33	027.39	096.88	099.60	067.38	059.51	095.53	106.40	109.20	104.61	060.03	106.85
Polígono 36	025.88	026.03	099.44	102.15	069.93	062.06	098.09	108.95	111.76	107.16	062.58	109.40
Polígono 37	063.68	108.83	028.71	049.07	026.44	030.63	013.46	038.22	058.68	054.08	028.06	056.32
Polígono 38	025.98	043.58	099.53	102.25	070.03	062.15	092.84	109.05	111.85	107.26	062.68	109.50
Polígono 39	024.05	042.64	097.60	100.31	068.09	060.22	090.91	107.11	109.92	105.32	060.75	107.56
Polígono 40	047.74	092.89	034.66	032.00	022.08	018.11	033.31	044.17	041.60	037.01	008.08	039.25
Polígono 41	061.10	019.22	134.65	137.37	105.15	097.27	133.30	139.88	146.97	142.38	097.80	144.62
Polígono 42	075.48	033.16	149.03	151.75	119.53	111.66	147.68	158.55	161.35	156.76	112.18	159.00
Polígono 43	011.46	037.71	085.02	087.73	055.51	047.64	083.67	094.53	097.34	092.74	048.16	094.98
Polígono 44	043.10	088.25	039.33	036.65	017.44	013.47	037.97	048.84	046.25	041.66	003.43	043.90
Polígono 45	046.73	091.88	048.38	046.79	018.87	017.09	047.03	057.89	056.40	051.80	006.54	054.04
Polígono 46	042.54	087.68	046.38	037.22	016.87	012.90	045.03	055.89	046.82	042.22	002.87	044.46
Polígono 47	069.88	115.03	024.59	012.66	044.22	040.25	034.38	033.78	022.26	017.67	030.21	017.43
Polígono 48	068.16	113.31	027.53	015.57	042.49	038.52	032.65	036.71	025.18	020.58	028.49	022.82
Polígono 49	068.24	113.39	027.61	015.66	042.58	038.61	032.74	036.79	025.26	020.66	028.57	022.90
Polígono 50	032.83	077.98	052.04	054.76	015.08	008.65	050.69	061.56	064.36	059.77	015.19	062.01
Polígono 51	032.51	077.66	051.01	053.73	021.51	014.80	049.66	060.53	063.33	058.74	014.16	060.98
Polígono 52	029.07	074.22	050.21	052.92	020.70	012.78	048.86	059.72	062.53	057.93	013.36	060.17
Polígono 53	029.53	074.67	054.53	057.25	025.02	017.15	053.18	064.04	066.85	062.25	017.68	064.49
Polígono 54	029.56	074.71	054.56	057.28	025.06	017.19	053.21	064.08	066.88	062.29	017.71	064.53
Polígono 55	040.31	085.46	039.32	043.11	009.82	008.04	037.97	048.84	052.72	048.12	003.55	050.36
Polígono 56	014.89	040.38	088.44	091.15	058.93	051.06	087.09	097.95	100.76	096.16	051.58	098.40
Polígono 57	024.39	028.30	097.95	100.66	068.44	060.57	096.59	107.46	110.26	105.67	061.09	107.91
Polígono 58	035.89	047.40	109.45	112.16	079.94	072.07	102.75	118.96	121.77	117.17	072.59	119.41
Polígono 59	072.59	117.74	005.22	017.81	035.36	039.55	019.17	014.73	029.47	024.87	036.97	027.11

	Galilea	Gimileo	Grañon	Grávalos	Haro	Herraméluri	Hervías	Hormilla	Hormilleja	Hornos de Moncalvillo	Huércanos	Igea
	Cultivo 107	Cultivo 108	Cultivo 109	Cultivo 110	Cultivo 111	Cultivo 112	Cultivo 113	Cultivo 114	Cultivo 115	Cultivo 116	Cultivo 117	Cultivo 118
Polígono 1	077.14	137.79	151.27	040.09	141.55	153.75	140.41	129.70	133.71	116.37	123.67	037.74
Polígono 2	076.61	137.25	150.74	039.16	141.01	153.21	139.87	129.16	133.17	115.83	123.13	036.82
Polígono 3	069.43	130.07	143.56	042.75	133.83	146.03	132.69	121.98	125.99	108.65	115.95	047.47
Polígono 4	033.72	094.36	107.85	042.02	098.13	110.32	096.98	086.27	090.28	072.94	080.24	048.55
Polígono 5	085.26	145.90	159.39	062.10	149.67	161.86	148.52	137.81	141.82	124.48	131.78	063.40
Polígono 6	083.99	144.64	158.12	060.84	148.40	160.60	147.25	136.55	140.55	123.22	130.52	062.14
Polígono 7	069.44	130.09	143.58	042.77	133.85	146.05	132.71	122.00	126.01	108.67	115.97	047.49
Polígono 8	066.39	127.04	140.52	023.87	130.80	143.00	129.66	118.95	122.96	105.62	112.92	021.53
Polígono 9	062.08	122.72	136.21	022.44	126.48	138.68	125.34	114.63	118.64	101.30	108.60	020.10
Polígono 10	059.09	119.73	133.22	035.93	123.50	135.69	122.35	111.64	115.65	098.31	105.61	037.24
Polígono 11	084.99	145.64	159.12	061.84	149.40	161.60	148.26	137.55	141.56	124.22	131.52	063.14
Polígono 12	072.54	133.19	146.67	049.39	136.95	149.15	135.80	125.10	129.10	111.77	119.07	050.69
Polígono 13	083.99	144.64	158.12	060.84	148.40	160.60	147.25	136.55	140.55	123.22	130.52	062.14
Polígono 14	028.60	083.32	096.80	052.22	087.08	099.28	085.93	075.23	079.23	061.90	069.20	059.32
Polígono 15	070.03	147.31	160.80	060.87	151.07	163.27	149.93	122.58	143.23	125.89	133.19	065.59
Polígono 16	031.50	061.06	074.55	058.03	064.83	077.03	063.68	052.97	056.98	039.65	046.94	065.13
Polígono 17	046.92	107.56	121.05	039.77	111.33	123.53	110.18	099.47	103.48	086.15	093.45	046.30
Polígono 18	079.36	140.03	153.51	038.78	143.79	155.99	142.64	131.94	135.94	118.61	125.91	036.44
Polígono 19	041.99	102.63	116.12	044.10	106.40	118.60	105.25	094.54	098.55	081.22	088.52	050.63
Polígono 20	041.45	102.09	115.58	044.14	105.86	118.05	104.71	094.00	098.01	080.67	087.97	050.67
Polígono 21	080.67	141.31	154.80	057.51	145.07	157.27	143.93	133.22	137.23	119.89	127.19	058.81
Polígono 22	031.79	090.50	103.98	045.02	094.26	106.46	093.11	082.41	086.41	069.08	076.38	052.12
Polígono 23	023.20	081.39	094.87	042.66	085.15	097.35	084.00	073.30	077.30	059.97	067.27	049.76
Polígono 24	065.98	126.63	140.11	042.83	130.39	142.59	129.24	118.54	122.54	105.21	112.51	037.03
Polígono 25	073.00	133.64	147.13	049.84	137.40	149.60	136.26	125.55	129.56	112.22	119.52	051.14
Polígono 26	065.81	126.45	139.94	039.13	130.22	142.41	129.07	118.36	122.37	105.03	112.33	043.85
Polígono 27	060.45	121.09	134.58	047.17	124.85	137.05	123.71	113.00	117.01	099.67	106.97	051.88
Polígono 28	017.45	053.13	066.62	057.93	056.90	069.10	055.75	045.04	049.05	031.71	039.01	065.03
Polígono 29	029.10	045.90	059.39	078.72	049.67	061.87	048.52	037.81	041.82	024.49	031.79	085.82
Polígono 30	029.15	050.49	056.84	083.31	054.26	059.32	045.97	035.27	039.27	017.25	029.24	090.40
Polígono 31	040.10	100.75	114.23	032.86	104.51	116.71	103.37	092.66	096.67	079.33	086.63	039.39
Polígono 32	049.29	109.93	123.42	026.19	113.70	125.89	112.55	101.84	105.85	088.51	095.81	032.72
Polígono 33	051.92	112.56	126.05	028.76	116.33	128.53	115.18	104.47	108.48	091.14	098.44	035.29
Polígono 34	024.44	085.08	098.57	024.50	088.85	101.04	087.70	076.99	081.00	063.66	070.96	031.60
Polígono 35	025.72	086.36	099.85	023.75	090.13	102.33	088.98	078.27	082.28	064.95	072.24	030.84
Polígono 36	028.27	088.92	102.40	022.39	092.68	104.88	091.53	080.83	084.83	067.50	074.80	029.49
Polígono 37	063.95	034.42	038.74	105.18	038.18	041.22	027.87	017.09	018.49	024.36	014.11	112.28
Polígono 38	028.37	089.01	102.50	039.93	092.78	104.97	091.63	080.92	084.93	067.59	074.89	049.10
Polígono 39	026.44	087.08	100.57	039.00	090.84	103.04	089.70	078.99	083.00	065.66	072.96	046.10
Polígono 40	047.95	018.76	037.62	089.25	022.53	040.10	026.75	016.05	017.32	019.65	008.36	096.35
Polígono 41	063.49	124.13	137.62	011.99	127.90	140.09	126.75	116.04	120.05	102.71	110.01	009.64
Polígono 42	077.87	138.51	152.00	025.92	142.28	154.48	141.13	130.42	134.43	117.09	124.39	023.58
Polígono 43	013.85	074.50	087.98	034.07	078.26	090.46	077.11	066.41	070.41	053.08	060.38	041.17
Polígono 44	043.31	023.41	042.29	084.61	027.18	044.77	031.42	020.71	021.97	015.01	012.00	091.71
Polígono 45	046.93	033.56	051.35	088.23	037.32	053.82	040.48	029.77	033.78	016.44	022.14	095.33
Polígono 46	042.74	023.98	049.35	084.04	027.75	051.82	038.48	027.77	022.53	014.44	012.56	091.14
Polígono 47	070.09	004.29	024.76	111.39	000.00	018.13	017.73	018.91	021.10	041.79	030.15	118.49
Polígono 48	068.37	002.57	027.69	109.66	002.72	021.05	018.16	017.18	019.37	040.06	028.43	116.76
Polígono 49	068.45	002.65	027.77	109.74	002.80	021.13	018.24	017.26	019.46	040.14	028.51	116.84
Polígono 50	033.04	041.52	055.01	074.33	045.29	057.48	044.14	033.43	037.44	020.10	027.40	081.43
Polígono 51	032.72	040.49	053.98	074.01	044.26	056.45	043.11	032.40	036.41	019.07	026.37	081.11
Polígono 52	029.28	039.69	053.18	070.57	043.45	055.65	042.31	031.60	035.61	018.27	025.57	077.67
Polígono 53	029.73	044.01	057.50	071.03	047.78	059.97	046.63	035.92	039.93	022.59	029.89	078.13
Polígono 54	029.77	044.04	057.53	071.07	047.81	060.01	046.66	035.95	039.96	022.63	029.92	078.16
Polígono 55	040.52	029.88	042.29	081.82	033.64	044.76	031.42	020.71	024.72	007.38	014.68	088.92
Polígono 56	017.27	077.92	091.41	036.73	081.68	093.88	080.54	069.83	073.84	056.50	063.80	043.83
Polígono 57	026.78	087.42	100.91	024.66	091.19	103.39	090.04	079.33	083.34	066.01	073.31	031.76
Polígono 58	038.28	098.93	112.41	030.26	102.69	114.89	101.54	090.84	094.84	077.51	084.81	036.79
Polígono 59	072.80	022.08	007.59	114.10	019.85	010.62	005.76	014.98	022.15	033.28	022.48	121.20

	Lagunilla de Jubera	Lardero	Leiva	Leza del Río Leza	Logroño	Manjarrés	Manzanares de Rioja	Matute	Medrano	Murillo de Río Leza	Muro de Aguas	Nájera
	Cultivo 119	Cultivo 120	Cultivo 121	Cultivo 122	Cultivo 123	Cultivo 124	Cultivo 125	Cultivo 126	Cultivo 127	Cultivo 128	Cultivo 129	Cultivo 130
Polígono 1	100.90	102.88	155.79	112.38	100.44	124.18	144.53	139.57	115.85	092.12	052.36	126.12
Polígono 2	100.36	102.34	155.25	111.84	099.90	123.64	143.99	139.03	115.31	091.58	051.43	125.58
Polígono 3	093.18	095.16	148.07	104.66	092.72	116.46	136.81	131.85	108.13	084.40	055.03	118.40
Polígono 4	057.48	059.46	112.36	068.95	057.01	080.75	101.10	096.14	072.42	048.70	043.03	082.69
Polígono 5	109.02	111.00	163.90	120.49	108.55	132.29	152.64	147.68	123.96	100.24	074.37	134.23
Polígono 6	107.75	109.73	162.64	119.23	107.29	131.03	151.38	146.42	122.70	098.97	073.11	132.97
Polígono 7	093.20	095.18	148.09	104.68	092.74	116.48	136.83	131.87	108.15	084.42	055.05	118.42
Polígono 8	090.15	092.13	145.04	101.63	089.69	113.43	133.78	128.82	105.10	081.37	036.15	115.37
Polígono 9	085.83	087.81	140.72	097.31	085.37	109.11	129.46	124.50	100.78	077.05	034.71	111.05
Polígono 10	082.85	084.83	137.73	094.33	082.39	106.12	126.47	121.52	097.79	074.07	048.21	108.06
Polígono 11	108.75	110.73	163.64	120.23	108.29	132.03	152.38	147.42	123.70	099.97	074.11	133.97
Polígono 12	096.30	098.28	151.19	107.78	095.84	119.58	139.93	134.97	111.25	087.52	061.66	121.52
Polígono 13	107.75	109.73	162.64	119.23	107.29	131.03	151.38	146.42	122.70	098.97	073.11	132.97
Polígono 14	047.62	048.42	101.32	059.10	045.97	069.71	090.06	085.10	061.38	038.84	048.30	071.65
Polígono 15	093.78	095.76	165.31	122.78	093.32	133.70	154.05	149.09	125.37	085.00	076.66	135.64
Polígono 16	045.58	026.17	079.07	039.93	023.72	047.46	067.81	062.85	039.12	036.80	054.11	049.40
Polígono 17	070.68	072.66	125.57	082.16	070.22	093.96	114.31	109.35	085.62	061.90	052.05	095.90
Polígono 18	103.12	105.12	158.03	114.60	102.68	126.42	146.77	141.81	118.09	094.34	051.05	128.36
Polígono 19	065.75	067.73	120.64	077.23	065.29	089.03	109.38	104.42	080.69	056.97	056.38	090.97
Polígono 20	065.21	067.19	120.09	076.68	064.74	088.48	108.83	103.87	080.15	056.43	050.76	090.42
Polígono 21	104.42	106.40	159.31	115.90	103.96	127.70	148.05	143.28	119.37	095.64	069.78	129.64
Polígono 22	055.55	055.60	108.50	067.03	053.15	076.89	097.24	092.28	068.56	046.77	041.10	078.83
Polígono 23	044.50	046.48	099.39	055.98	044.04	067.78	088.13	082.59	059.45	035.72	038.73	069.72
Polígono 24	089.74	091.72	144.63	101.22	089.28	113.02	133.37	128.41	104.69	080.96	055.10	114.96
Polígono 25	096.75	098.73	151.64	108.23	096.29	120.03	140.38	135.42	111.70	087.97	062.11	121.97
Polígono 26	089.57	091.54	144.45	101.04	089.10	112.84	133.19	128.23	104.51	080.78	051.41	114.78
Polígono 27	084.20	086.18	139.09	095.68	083.74	107.48	127.83	122.87	099.15	075.42	059.44	109.42
Polígono 28	016.25	018.23	071.13	027.73	015.79	039.52	059.88	054.92	031.19	007.47	054.01	041.46
Polígono 29	027.13	005.13	063.91	021.38	010.20	032.30	052.65	047.69	013.38	018.35	074.80	034.24
Polígono 30	026.57	009.71	061.36	020.85	014.79	029.75	050.10	045.14	013.54	018.40	079.38	031.69
Polígono 31	063.86	065.84	118.75	075.34	063.40	087.14	107.49	102.53	078.81	055.08	036.05	089.08
Polígono 32	073.05	075.03	127.93	084.52	072.58	096.32	116.67	111.71	087.99	064.27	038.46	098.26
Polígono 33	075.68	077.66	130.56	087.16	075.22	098.95	119.31	114.35	090.62	066.90	041.04	100.89
Polígono 34	048.20	050.18	103.08	059.68	047.74	071.47	091.82	086.87	063.14	039.42	020.58	073.41
Polígono 35	049.48	051.46	104.37	060.96	049.02	072.76	093.11	088.15	064.42	040.70	019.82	074.70
Polígono 36	052.03	054.01	106.92	063.51	051.57	075.31	095.66	090.70	066.98	043.25	018.47	077.25
Polígono 37	062.68	039.55	043.26	056.44	036.71	016.04	016.77	006.18	031.13	053.90	101.26	011.21
Polígono 38	052.13	054.11	107.01	063.61	051.67	075.40	095.75	090.80	067.07	043.35	036.01	077.34
Polígono 39	050.19	052.17	105.08	061.67	049.73	073.47	093.82	088.86	065.14	041.41	035.08	075.41
Polígono 40	046.75	023.61	042.14	040.51	020.78	013.95	030.88	027.61	018.61	037.96	085.33	012.48
Polígono 41	087.25	089.23	142.13	098.73	086.79	110.52	126.59	125.92	102.19	078.47	024.26	112.46
Polígono 42	101.63	103.61	156.51	113.11	101.17	124.90	145.26	140.30	116.57	092.85	038.20	126.84
Polígono 43	037.61	039.59	092.50	049.09	037.15	060.89	081.24	076.28	052.56	028.83	030.15	062.83
Polígono 44	042.10	018.97	046.81	035.87	016.14	022.82	035.55	031.25	013.96	033.32	080.69	015.59
Polígono 45	045.73	022.60	055.86	039.49	019.76	024.25	044.60	039.64	017.59	036.95	084.31	026.19
Polígono 46	041.54	018.41	053.86	035.30	015.57	022.25	042.60	037.64	013.40	032.76	080.12	016.16
Polígono 47	068.88	045.75	020.67	062.65	042.92	032.85	028.50	046.50	040.74	060.10	107.47	025.99
Polígono 48	067.16	044.03	023.59	060.93	041.20	031.12	027.36	044.78	039.02	058.38	105.74	024.26
Polígono 49	067.24	044.11	023.67	061.01	041.28	031.20	027.45	044.86	039.10	058.46	105.82	024.34
Polígono 50	025.75	002.38	059.52	019.99	005.81	027.91	048.26	043.31	012.23	016.97	070.41	029.85
Polígono 51	031.51	008.33	058.49	025.28	003.77	026.88	047.23	042.28	018.55	022.73	070.09	028.82
Polígono 52	028.07	004.58	057.69	021.04	000.00	026.08	046.43	041.47	017.75	019.29	066.65	028.02
Polígono 53	028.53	009.12	062.01	022.88	006.66	030.40	050.75	045.79	022.07	019.75	067.11	032.34
Polígono 54	028.56	009.15	062.05	022.91	006.70	030.44	050.79	045.83	022.10	019.78	067.14	032.38
Polígono 55	039.31	016.18	046.80	033.08	013.35	015.19	035.54	030.59	008.53	030.53	077.89	017.13
Polígono 56	041.03	043.01	095.92	052.51	040.57	064.31	084.66	079.70	055.98	032.25	032.81	066.25
Polígono 57	050.54	052.52	105.43	062.02	050.08	073.82	094.17	089.21	065.48	041.76	020.73	075.76
Polígono 58	062.04	064.02	116.93	073.52	061.58	085.32	105.67	100.71	076.99	053.26	042.54	087.26
Polígono 59	071.59	048.46	012.66	065.36	045.63	026.39	008.05	032.20	040.04	062.81	110.18	019.53

	Nalda	Navajún	Nestares	Ocón	Ochánduri	Ojacastro	Ollauri	Pedroso	Pradejón	Préjano	Quel	Redal	Ribafrecha
	Cultivo 131	Cultivo 132	Cultivo 133	Cultivo 134	Cultivo 135	Cultivo 136	Cultivo 137	Cultivo 138	Cultivo 139	Cultivo 140	Cultivo 141	Cultivo 142	Cultivo 143
Polígono 1	115.85	058.14	129.15	080.76	153.87	155.44	138.47	141.26	061.87	072.39	056.68	073.80	106.49
Polígono 2	115.32	057.22	128.61	080.23	153.33	154.90	137.94	140.73	061.33	071.86	056.14	073.26	105.95
Polígono 3	108.14	068.29	121.43	073.05	146.15	147.72	130.76	133.55	054.15	064.68	048.96	066.08	098.77
Polígono 4	072.43	064.91	085.72	037.34	110.45	112.01	095.05	097.84	018.44	037.43	022.63	030.37	063.06
Polígono 5	123.97	084.23	137.26	088.88	161.99	163.55	146.59	149.38	069.98	080.51	064.79	081.91	114.60
Polígono 6	122.70	082.96	136.00	087.61	160.72	162.28	145.32	148.11	068.72	079.24	063.53	080.65	113.34
Polígono 7	108.15	068.31	121.45	073.06	146.17	147.74	130.77	133.57	054.17	064.70	048.98	066.10	098.79
Polígono 8	105.10	042.35	118.40	070.01	146.32	144.69	127.72	130.51	051.12	052.96	045.93	063.05	095.74
Polígono 9	100.79	037.50	114.08	065.70	142.00	140.37	123.41	126.20	046.80	051.53	041.61	058.73	091.42
Polígono 10	097.80	058.06	111.09	062.71	135.82	137.38	120.42	123.21	043.81	054.34	038.62	055.75	088.43
Polígono 11	123.70	083.96	137.00	088.61	161.72	163.29	146.32	149.11	069.72	080.24	064.53	081.65	114.34
Polígono 12	111.25	071.51	124.55	076.16	149.27	150.83	133.87	136.66	057.27	067.79	052.08	069.20	101.89
Polígono 13	122.70	082.96	136.00	087.61	160.72	162.28	145.32	148.11	068.72	079.24	063.53	080.65	113.34
Polígono 14	061.38	077.35	074.68	032.57	099.40	100.96	084.00	086.79	020.00	042.71	027.90	025.61	053.21
Polígono 15	125.38	086.41	138.67	073.65	163.39	164.96	148.00	150.79	054.75	073.74	067.08	066.68	116.89
Polígono 16	039.13	093.48	052.42	035.47	080.34	078.71	061.75	064.54	023.56	048.51	037.91	028.51	034.04
Polígono 17	085.63	062.66	098.92	050.54	123.65	125.21	108.25	111.04	031.65	050.64	030.89	043.58	076.27
Polígono 18	118.09	056.84	131.39	082.98	159.30	157.67	140.71	143.50	064.09	067.87	058.90	076.02	108.71
Polígono 19	080.70	066.99	093.99	045.61	118.72	120.28	103.32	106.11	026.72	045.71	030.90	038.65	071.34
Polígono 20	080.16	067.02	093.45	045.07	118.18	119.74	102.78	105.57	026.17	045.16	030.36	038.10	070.79
Polígono 21	119.38	079.63	132.67	084.29	157.39	158.96	142.00	144.97	065.39	075.92	060.20	077.32	110.01
Polígono 22	068.56	070.15	081.86	035.41	109.77	108.14	091.18	093.97	016.51	035.50	020.70	028.45	061.13
Polígono 23	059.45	078.11	072.75	026.82	100.66	099.03	082.07	084.28	008.19	033.14	022.54	019.85	050.09
Polígono 24	104.69	057.85	117.99	069.60	142.71	144.27	127.31	130.10	050.71	061.23	045.52	062.64	095.33
Polígono 25	111.71	071.96	125.00	076.62	149.72	151.29	134.33	137.12	057.72	068.25	052.53	069.65	102.34
Polígono 26	104.52	064.67	117.81	069.43	142.53	144.10	127.14	129.93	050.53	061.06	045.34	062.46	095.15
Polígono 27	099.16	072.71	112.45	064.07	137.17	138.74	121.78	124.57	045.17	064.16	044.41	057.10	089.79
Polígono 28	031.20	093.38	044.49	026.41	072.41	070.78	053.82	056.61	030.99	048.41	037.81	017.38	021.83
Polígono 29	009.16	114.17	022.46	047.20	065.18	063.55	046.59	049.38	051.78	069.20	058.60	038.17	015.48
Polígono 30	004.20	118.76	019.27	040.96	062.63	061.00	051.18	046.83	056.36	073.79	063.19	032.49	014.96
Polígono 31	078.81	055.75	092.11	043.72	116.83	118.40	101.43	104.22	024.83	030.46	014.74	036.76	069.45
Polígono 32	088.00	049.07	101.29	052.91	126.02	127.58	110.62	113.41	034.01	044.54	028.82	045.94	078.63
Polígono 33	090.63	051.65	103.92	055.54	128.65	130.21	113.25	116.04	036.64	047.17	031.45	048.58	081.26
Polígono 34	063.15	059.96	076.44	028.06	104.36	102.73	085.77	088.56	016.96	011.97	004.38	021.10	053.78
Polígono 35	064.43	059.20	077.72	029.34	105.64	104.01	087.05	089.84	018.24	011.28	003.62	022.38	055.06
Polígono 36	066.98	057.85	080.28	031.89	108.19	106.56	089.60	092.39	020.79	011.52	006.18	024.93	057.62
Polígono 37	038.61	140.64	051.93	073.66	044.53	035.84	033.42	007.88	078.24	095.67	085.07	064.63	050.55
Polígono 38	067.08	065.45	080.37	031.99	105.10	106.66	089.70	092.49	013.09	030.42	015.61	025.03	057.71
Polígono 39	065.15	066.93	078.44	030.06	103.16	104.73	087.77	090.56	011.16	029.48	014.68	023.09	055.78
Polígono 40	026.08	124.71	039.41	057.73	034.85	041.78	019.45	029.30	062.31	079.73	069.14	048.70	034.62
Polígono 41	102.20	027.04	115.49	067.11	143.41	137.49	124.82	127.61	048.21	041.08	037.11	060.15	092.83
Polígono 42	116.58	029.54	129.87	081.49	157.79	156.16	139.20	141.99	062.59	055.01	057.40	074.53	107.21
Polígono 43	052.56	069.53	065.86	017.47	093.77	092.14	075.18	077.97	007.13	024.55	013.96	010.51	043.20
Polígono 44	021.44	120.06	034.76	053.09	039.50	046.45	024.10	032.94	057.67	075.09	064.49	044.06	029.98
Polígono 45	025.07	123.69	038.39	056.71	057.14	055.51	034.24	041.34	061.29	078.72	068.12	047.68	033.60
Polígono 46	020.88	119.50	034.20	052.52	040.06	053.51	024.67	039.34	057.10	074.52	063.93	043.49	029.41
Polígono 47	048.22	146.84	061.54	079.87	015.51	031.39	004.75	048.20	084.45	101.87	091.27	070.84	056.76
Polígono 48	046.50	145.12	059.82	078.14	018.42	034.33	003.03	046.47	082.72	100.15	089.55	069.11	055.03
Polígono 49	046.58	145.20	059.90	078.22	018.50	034.41	003.11	046.56	082.80	100.23	089.63	069.19	055.11
Polígono 50	013.54	109.79	026.83	042.81	060.80	059.17	042.21	045.00	047.39	064.82	054.22	033.78	014.10
Polígono 51	019.73	109.47	033.02	042.49	059.77	058.14	041.18	043.97	047.07	064.50	053.90	033.46	019.38
Polígono 52	017.70	106.03	031.00	039.05	058.97	057.34	040.38	043.17	043.63	061.06	050.46	030.02	015.15
Polígono 53	022.08	106.49	035.37	039.51	063.29	061.66	044.70	047.49	044.09	061.51	050.92	030.48	016.98
Polígono 54	022.11	106.52	035.40	039.54	063.32	061.69	044.73	047.52	044.12	061.55	050.95	030.51	017.02
Polígono 55	016.01	117.27	029.33	050.30	048.08	046.45	030.57	032.28	054.88	072.30	061.70	041.27	027.19
Polígono 56	055.98	075.49	069.28	020.89	097.20	095.57	078.60	081.40	000.00	027.22	016.62	013.93	046.62
Polígono 57	065.49	060.11	078.78	030.40	106.70	105.07	088.11	090.90	020.79	015.14	000.86	023.44	056.13
Polígono 58	076.99	053.15	090.29	041.90	115.01	116.57	099.61	102.40	023.01	033.24	017.53	034.94	067.63
Polígono 59	047.52	149.56	060.84	082.58	013.94	012.34	026.17	030.54	087.16	104.58	093.98	073.55	059.47

	Rincón de Soto	Rodezno	Sajazarra	San Asensio	San Millán de la Cogolla	San Millán de Yécora	Santa Coloma	Santa Engracia del Jubera	Santo Domingo de la Calzada	San Torcuato	Santurde de Rioja	Santurdejo	San Vicente de la Sonsierra
	Cultivo 144	Cultivo 145	Cultivo 146	Cultivo 147	Cultivo 148	Cultivo 149	Cultivo 150	Cultivo 151	Cultivo 152	Cultivo 153	Cultivo 154	Cultivo 155	Cultivo 156
Polígono 1	040.82	145.81	152.70	130.79	140.99	166.11	129.01	109.00	143.67	145.11	150.64	151.68	137.49
Polígono 2	040.29	145.27	152.17	130.25	140.46	165.58	128.47	108.46	143.13	144.57	150.10	151.14	136.95
Polígono 3	033.11	132.87	144.99	123.07	133.46	154.12	121.29	101.28	135.95	137.39	142.92	143.96	129.77
Polígono 4	013.48	102.39	109.28	087.36	097.57	118.41	085.59	065.57	100.24	101.69	107.21	108.26	094.06
Polígono 5	048.94	153.93	160.82	138.90	149.11	169.95	137.13	117.11	151.78	153.23	158.75	159.80	145.60
Polígono 6	047.67	152.66	159.55	137.63	148.03	168.69	135.86	115.85	150.52	151.96	157.49	158.53	144.34
Polígono 7	033.13	132.89	145.00	123.09	133.48	154.14	121.31	101.30	135.97	137.41	142.94	143.98	129.79
Polígono 8	030.07	135.06	141.95	120.04	130.24	151.09	118.26	098.25	132.92	134.36	139.89	140.93	126.74
Polígono 9	025.76	130.74	137.64	115.72	131.27	151.05	113.94	093.93	128.60	130.04	135.57	136.61	122.42
Polígono 10	022.77	127.76	134.65	112.73	122.94	143.78	110.96	090.94	125.62	127.06	132.58	133.63	119.43
Polígono 11	048.67	153.66	160.55	138.64	148.84	169.69	136.86	116.85	151.52	152.96	158.49	159.53	145.34
Polígono 12	036.22	141.21	148.10	126.18	136.39	157.24	124.41	104.40	139.07	140.51	146.04	147.08	132.89
Polígono 13	047.67	152.66	159.55	137.63	148.03	168.69	135.86	115.85	150.52	151.96	157.49	158.53	144.34
Polígono 14	025.92	086.12	098.23	076.31	086.52	107.37	074.54	055.72	089.20	090.64	096.17	097.21	083.02
Polígono 15	038.09	150.11	162.23	140.31	150.52	171.36	138.53	101.88	153.19	154.63	160.16	161.20	147.01
Polígono 16	046.42	069.09	075.98	054.06	069.61	085.11	052.29	053.68	066.95	068.39	073.92	074.96	060.76
Polígono 17	011.23	115.59	122.48	100.56	110.77	131.62	098.79	078.77	113.45	114.89	120.42	121.46	107.26
Polígono 18	043.04	148.05	154.94	133.02	148.57	168.35	131.25	111.22	145.91	147.35	152.88	153.92	139.73
Polígono 19	015.56	110.66	117.55	095.63	105.84	126.69	093.86	073.84	108.52	109.96	115.49	116.53	102.33
Polígono 20	015.60	104.89	117.01	095.09	105.30	126.14	093.32	073.30	107.97	109.42	114.94	115.99	101.79
Polígono 21	044.35	149.33	156.23	134.31	144.70	165.36	132.53	112.52	147.19	148.63	154.16	155.20	141.01
Polígono 22	018.72	098.52	105.41	083.49	093.70	114.55	081.72	063.64	096.38	097.82	103.35	104.39	090.20
Polígono 23	030.90	089.41	096.30	074.38	089.35	105.44	072.61	052.60	087.27	088.13	094.24	095.28	081.09
Polígono 24	029.66	134.65	141.54	119.62	129.83	150.68	117.85	097.84	132.51	133.95	139.48	140.52	126.33
Polígono 25	036.68	141.66	148.56	126.64	136.85	157.69	124.86	104.85	139.52	140.96	146.49	147.53	133.34
Polígono 26	029.49	129.25	141.37	119.45	129.66	150.50	117.67	097.66	132.33	133.77	139.30	140.35	126.15
Polígono 27	024.76	129.11	136.01	114.09	124.30	145.14	112.31	092.30	126.97	128.41	133.94	134.98	120.79
Polígono 28	048.82	061.16	068.05	046.13	061.68	081.46	044.36	024.34	059.02	060.46	065.99	067.03	052.83
Polígono 29	069.61	053.93	060.82	038.90	054.45	069.96	037.13	035.23	051.79	053.23	058.76	059.80	045.60
Polígono 30	074.20	051.38	065.41	043.49	051.90	071.55	034.58	034.66	049.24	050.68	056.21	057.25	050.19
Polígono 31	003.65	108.77	115.66	093.75	103.95	124.80	091.97	071.96	106.63	108.07	113.60	114.64	100.45
Polígono 32	012.97	117.96	124.85	102.93	113.14	133.98	101.16	081.14	115.81	117.26	122.78	123.83	109.63
Polígono 33	015.60	120.59	127.48	105.56	115.77	136.61	103.79	083.77	118.45	119.89	125.42	126.46	112.26
Polígono 34	027.47	093.11	100.00	078.08	093.63	113.41	076.31	056.29	090.97	092.41	097.93	098.98	084.78
Polígono 35	028.75	094.39	101.28	079.36	094.91	114.69	077.59	057.57	092.25	093.69	099.22	100.26	086.06
Polígono 36	031.30	096.94	103.83	081.91	097.46	117.24	080.14	060.13	094.80	096.24	101.77	102.81	088.62
Polígono 37	096.08	033.28	050.75	023.60	014.53	053.45	016.78	070.77	024.07	032.58	031.04	032.08	034.12
Polígono 38	012.68	097.04	103.93	082.01	092.22	113.06	080.24	060.22	094.90	096.34	101.86	102.91	088.71
Polígono 39	014.16	095.10	102.00	080.08	090.29	111.13	078.30	058.29	092.96	094.40	099.93	100.97	086.78
Polígono 40	080.14	021.56	033.68	011.76	032.68	042.81	018.78	054.84	030.02	028.92	036.99	038.03	018.46
Polígono 41	026.17	132.16	139.05	117.13	132.68	152.46	115.36	095.34	130.02	131.46	132.70	133.74	123.83
Polígono 42	041.55	146.54	153.43	131.51	147.06	166.84	129.74	109.72	144.40	145.84	151.37	152.41	138.21
Polígono 43	024.97	082.52	089.41	067.49	083.04	098.55	065.72	045.71	080.38	081.82	087.35	088.39	074.20
Polígono 44	075.50	026.21	038.33	016.41	037.35	047.46	027.65	050.20	034.69	033.58	041.66	042.70	023.11
Polígono 45	079.13	036.36	048.47	026.55	046.41	057.61	029.08	053.82	043.74	045.18	050.71	051.75	025.48
Polígono 46	074.94	026.78	038.90	016.98	044.41	048.03	027.08	049.63	041.74	034.14	048.71	049.75	023.68
Polígono 47	102.28	006.86	011.86	015.54	033.76	023.47	037.68	076.98	019.55	012.07	026.60	027.64	010.83
Polígono 48	100.56	005.14	017.26	013.82	032.03	026.39	035.96	075.25	022.48	012.50	029.53	030.57	010.69
Polígono 49	100.64	005.22	017.34	013.90	032.11	026.47	036.04	075.33	022.56	012.58	029.61	030.65	010.77
Polígono 50	065.23	049.55	056.44	034.52	050.07	065.57	032.75	033.85	047.41	048.85	054.37	055.42	041.22
Polígono 51	064.91	048.52	055.41	033.49	049.04	064.54	031.72	039.60	046.38	047.82	053.34	054.39	033.93
Polígono 52	061.47	047.71	054.61	032.69	048.24	063.74	030.91	036.16	045.57	047.01	052.54	053.58	039.39
Polígono 53	061.93	052.03	058.93	037.01	052.56	068.06	035.23	036.62	049.89	051.33	056.86	057.91	043.71
Polígono 54	061.96	052.07	058.96	037.04	052.59	068.09	035.27	036.66	049.93	051.37	056.90	057.94	043.74
Polígono 55	072.71	036.83	044.80	022.88	037.35	057.00	020.03	047.41	034.69	036.13	041.65	042.70	029.58
Polígono 56	022.71	085.94	092.83	070.92	086.47	101.97	069.14	049.13	083.80	085.24	090.77	091.81	077.62
Polígono 57	025.46	095.45	102.34	080.42	095.97	111.48	078.65	058.63	093.31	094.75	100.28	101.32	087.12
Polígono 58	001.02	101.73	113.84	091.92	102.13	122.98	090.15	070.14	104.81	106.25	111.78	112.82	098.63
Polígono 59	104.99	021.07	021.55	027.26	018.55	022.85	031.23	079.69	000.58	008.31	007.55	008.59	029.74

	Sojuela	Sorzano	Sotés	Tirgo	Tornantos	Torreçilla en Cameros	Torreçilla Alesanco	Torremontalbo	Treviana	Tricio	Tudelilla	Uruñuela	Valdemadera
	Cultivo 157	Cultivo 158	Cultivo 159	Cultivo 160	Cultivo 161	Cultivo 162	Cultivo 163	Cultivo 164	Cultivo 165	Cultivo 166	Cultivo 167	Cultivo 168	Cultivo 169
Polígono 1	113.67	116.98	115.62	148.48	158.26	129.90	135.85	123.67	157.28	124.68	066.84	126.48	054.94
Polígono 2	113.13	116.44	115.08	147.95	157.72	129.36	135.31	123.13	156.74	124.14	066.31	125.94	054.01
Polígono 3	105.95	109.26	107.90	140.77	150.54	122.18	128.13	115.95	149.56	116.96	059.13	118.76	065.09
Polígono 4	070.24	073.55	072.20	105.06	114.84	086.47	092.42	080.24	113.85	081.25	023.42	083.05	061.70
Polígono 5	121.78	125.09	123.74	156.60	166.38	138.01	143.96	131.78	165.39	132.79	074.96	134.59	081.02
Polígono 6	120.51	123.83	122.47	155.33	165.11	136.75	142.70	130.51	164.12	131.52	073.69	133.32	079.76
Polígono 7	105.97	109.28	107.92	140.79	150.56	122.20	128.15	115.97	149.58	116.98	059.14	118.78	065.11
Polígono 8	102.92	106.23	104.87	137.73	147.51	119.15	125.10	112.92	146.53	113.93	056.09	115.73	039.15
Polígono 9	098.60	101.91	100.55	133.42	143.19	114.83	120.78	108.60	142.21	109.61	051.78	111.41	034.29
Polígono 10	095.61	098.92	097.57	130.43	140.21	111.84	117.79	105.61	139.22	106.62	048.79	108.42	054.85
Polígono 11	121.52	124.83	123.47	156.33	166.11	137.75	143.70	131.52	165.13	132.53	074.69	134.33	080.76
Polígono 12	109.06	112.38	111.02	143.88	153.66	125.30	131.25	119.06	152.67	120.07	062.24	121.87	068.31
Polígono 13	120.51	123.83	122.47	155.33	165.11	136.75	142.70	130.51	164.12	131.52	073.69	133.32	079.76
Polígono 14	059.19	062.51	061.15	094.01	103.79	075.43	081.38	069.19	102.80	070.20	024.71	072.00	074.15
Polígono 15	106.55	126.50	125.14	158.01	167.78	139.42	145.37	133.19	166.80	117.56	059.73	136.00	083.20
Polígono 16	036.94	040.26	038.90	071.76	081.54	053.17	059.13	046.94	080.55	047.95	028.27	049.75	090.28
Polígono 17	083.44	086.76	085.40	118.26	128.04	099.68	105.63	093.44	127.05	094.45	036.62	096.25	059.45
Polígono 18	115.90	119.22	117.86	150.72	160.50	132.14	138.09	125.90	159.51	126.91	069.06	128.71	053.63
Polígono 19	078.51	081.83	080.47	113.33	123.11	094.75	100.70	088.51	122.12	089.52	031.69	091.32	063.79
Polígono 20	077.97	081.28	079.93	112.79	122.57	094.20	100.15	087.97	121.58	088.98	031.15	090.78	063.82
Polígono 21	117.19	120.50	119.14	152.01	161.78	133.42	139.37	127.19	160.80	128.20	070.37	130.00	076.43
Polígono 22	066.37	069.69	068.33	101.19	110.97	082.61	088.56	076.37	109.98	077.38	021.49	079.18	066.94
Polígono 23	057.26	060.58	059.22	092.08	101.86	073.50	079.45	067.26	100.87	068.27	012.90	070.07	074.91
Polígono 24	102.50	105.82	104.46	137.32	147.10	118.74	124.69	112.50	146.11	113.51	055.68	115.31	054.65
Polígono 25	109.52	112.83	111.47	144.34	154.11	125.75	131.70	119.52	153.13	120.53	062.70	122.33	068.76
Polígono 26	102.33	105.64	104.28	137.15	146.93	118.56	124.51	112.33	145.94	113.34	055.51	115.14	061.47
Polígono 27	096.97	100.28	098.92	131.79	141.56	113.20	119.15	106.97	140.58	107.98	050.15	109.78	069.50
Polígono 28	029.01	032.33	030.97	063.83	073.61	045.24	051.20	039.01	072.62	040.02	025.82	041.82	090.18
Polígono 29	014.49	010.29	023.74	056.60	066.38	023.21	043.97	031.78	065.39	032.79	046.61	034.59	110.97
Polígono 30	011.27	007.08	019.31	061.19	063.83	020.02	041.42	036.37	069.98	030.24	051.19	032.04	115.56
Polígono 31	076.63	079.94	078.58	111.44	121.22	092.86	098.81	086.63	120.24	087.64	029.80	089.44	052.55
Polígono 32	085.81	089.12	087.77	120.63	130.41	102.04	107.99	095.81	129.42	096.82	038.99	098.62	045.87
Polígono 33	088.44	091.76	090.40	123.26	133.04	104.67	110.63	098.44	132.05	099.45	041.62	101.25	048.44
Polígono 34	060.96	064.27	062.92	095.78	105.56	077.19	083.14	070.96	104.57	071.97	009.01	073.77	056.76
Polígono 35	062.24	065.56	064.20	097.06	106.84	078.47	084.43	072.24	105.85	073.25	010.29	075.05	056.00
Polígono 36	064.79	068.11	066.75	099.61	109.39	081.03	086.98	074.79	108.40	075.80	012.84	077.60	054.64
Polígono 37	033.20	034.28	021.85	046.27	045.73	052.68	016.62	026.77	050.16	010.28	073.07	015.15	137.44
Polígono 38	064.89	068.20	066.85	099.71	109.49	081.12	087.07	074.89	108.50	075.90	018.07	077.70	062.25
Polígono 39	062.96	066.27	064.91	097.78	107.55	079.19	085.14	072.96	106.57	073.97	016.14	075.77	063.73
Polígono 40	020.67	024.72	018.90	029.46	044.61	040.16	022.20	004.64	038.25	012.71	057.14	008.04	121.50
Polígono 41	100.01	103.32	101.97	134.83	144.61	111.96	122.19	110.01	143.62	111.02	043.77	112.82	023.84
Polígono 42	114.39	117.71	116.35	149.21	158.99	130.62	136.58	124.39	158.00	125.40	067.57	127.20	026.33
Polígono 43	050.37	053.69	052.33	085.19	094.97	066.61	072.56	060.37	093.98	061.38	004.31	063.18	066.33
Polígono 44	016.03	020.08	014.26	034.11	049.28	035.51	026.87	009.29	042.90	016.35	052.50	012.71	116.86
Polígono 45	019.66	023.70	015.69	044.25	058.33	039.14	035.92	019.43	053.04	024.75	056.12	022.85	120.49
Polígono 46	015.47	019.51	013.69	034.68	056.33	034.95	033.92	009.86	043.47	022.75	051.93	013.28	116.30
Polígono 47	042.81	046.86	037.22	010.12	023.15	062.29	022.76	017.49	018.91	031.61	079.28	028.84	143.64
Polígono 48	041.09	045.13	035.49	013.04	026.06	060.57	021.03	015.76	021.83	029.89	077.55	027.12	141.92
Polígono 49	041.17	045.21	035.57	013.12	026.14	060.65	021.11	015.84	021.91	029.97	077.63	027.20	142.00
Polígono 50	011.38	014.67	019.36	052.22	062.00	027.59	039.58	027.40	061.01	028.41	042.22	030.21	106.59
Polígono 51	017.54	020.85	018.33	051.19	060.97	033.77	038.55	026.37	059.98	027.38	041.90	029.18	106.27
Polígono 52	015.52	018.83	017.52	050.39	060.16	031.75	037.75	025.57	059.18	026.58	038.46	028.38	102.83
Polígono 53	019.89	023.20	021.84	054.71	064.49	036.12	042.07	029.89	063.50	030.90	038.92	032.70	103.29
Polígono 54	019.92	023.24	021.88	054.74	064.52	036.15	042.11	029.92	063.53	030.93	038.95	032.73	103.32
Polígono 55	010.60	014.65	006.64	040.58	049.28	030.08	026.86	015.76	049.37	015.69	049.71	017.49	114.07
Polígono 56	053.80	057.11	055.75	088.62	098.39	070.03	075.98	063.80	097.41	064.81	006.97	066.61	072.28
Polígono 57	063.30	066.62	065.26	098.12	107.90	079.54	085.49	073.30	106.91	074.31	011.35	076.11	056.91
Polígono 58	074.80	078.12	076.76	109.62	119.40	091.04	096.99	084.80	118.41	085.81	027.98	087.61	049.94
Polígono 59	042.11	043.20	030.76	017.07	015.13	061.59	014.27	033.15	019.56	025.16	081.99	021.35	146.35

	Ventosa	Viguera	Villalba de Rioja	Villalobar de Rioja	Villamediana de Iregua	Villar de Arnedo	Villar de Torre	Villarejo	Villarroya	Villarta-Quintana	Villaverde de Rioja	Zarrazón
	Cultivo 170	Cultivo 171	Cultivo 172	Cultivo 173	Cultivo 174	Cultivo 175	Cultivo 176	Cultivo 177	Cultivo 178	Cultivo 179	Cultivo 180	Cultivo 181
Polígono 1	117.23	120.80	148.32	150.48	101.47	063.85	141.16	148.08	049.52	162.19	140.68	146.16
Polígono 2	116.70	120.26	147.78	149.95	100.93	063.31	140.62	147.55	048.60	161.66	140.14	145.62
Polígono 3	109.52	113.08	140.60	142.77	093.75	056.13	133.44	140.37	052.19	154.48	132.96	138.44
Polígono 4	073.81	077.38	104.89	107.06	058.04	020.43	097.73	104.66	040.19	118.77	097.26	102.73
Polígono 5	125.35	128.92	156.43	158.60	109.58	071.97	149.27	156.20	071.54	170.31	148.80	154.27
Polígono 6	124.08	127.65	155.17	157.33	108.32	070.70	148.00	154.93	070.27	169.04	147.71	153.01
Polígono 7	109.53	113.10	140.62	142.79	093.77	056.15	133.46	140.39	052.21	154.50	132.98	138.46
Polígono 8	106.48	110.05	137.57	139.73	090.72	053.10	130.41	137.33	033.31	151.44	129.93	135.41
Polígono 9	102.17	105.73	133.25	135.42	086.40	048.78	126.09	133.02	031.88	147.13	125.61	131.09
Polígono 10	099.18	102.75	130.26	132.43	083.41	045.80	123.10	130.03	045.37	144.14	122.81	128.10
Polígono 11	125.08	128.65	156.17	158.33	109.32	071.70	149.01	155.93	071.27	170.04	148.53	154.01
Polígono 12	112.63	116.20	143.72	145.88	096.87	059.25	136.55	143.48	058.82	157.59	136.08	141.56
Polígono 13	124.08	127.65	155.17	157.33	108.32	070.70	148.00	154.93	070.27	169.04	147.71	153.01
Polígono 14	062.76	066.33	093.85	096.01	047.01	021.43	086.68	093.61	045.46	107.72	086.21	091.69
Polígono 15	126.76	130.32	157.84	160.01	094.35	056.73	151.55	154.14	070.31	171.72	150.20	153.17
Polígono 16	040.51	044.08	071.60	073.76	024.76	024.99	064.43	071.36	051.27	085.47	063.96	069.44
Polígono 17	087.01	090.58	118.10	120.26	071.25	033.63	110.93	117.86	049.21	131.97	110.46	115.94
Polígono 18	119.45	123.04	150.56	152.72	103.71	066.07	143.39	150.32	048.22	164.43	142.92	148.40
Polígono 19	082.08	085.65	113.17	115.33	066.32	028.70	106.00	112.93	048.46	127.04	105.53	111.01
Polígono 20	081.54	085.11	112.62	114.79	065.77	028.16	105.46	112.39	047.92	126.50	104.99	110.46
Polígono 21	120.76	124.32	151.84	154.01	104.99	067.37	144.68	151.61	066.95	165.72	144.39	149.68
Polígono 22	069.94	073.51	101.03	103.19	054.19	018.50	093.86	100.79	038.26	114.90	093.39	098.87
Polígono 23	060.83	064.40	091.92	094.08	045.07	009.62	084.75	091.10	035.90	105.79	083.70	089.76
Polígono 24	106.07	109.64	137.16	139.32	090.31	052.69	129.99	136.92	052.26	151.03	129.52	135.00
Polígono 25	113.09	116.65	144.17	146.34	097.32	059.70	137.01	143.94	059.28	158.05	136.53	142.01
Polígono 26	105.90	109.47	136.98	139.15	090.13	052.52	129.82	136.75	048.57	150.86	129.35	134.82
Polígono 27	100.54	104.10	131.62	133.79	084.77	047.15	124.46	131.39	056.60	145.50	123.98	129.46
Polígono 28	032.58	036.15	063.66	065.83	016.82	024.16	056.50	063.43	051.17	077.54	056.03	061.51
Polígono 29	025.35	014.11	056.44	058.60	009.42	044.95	049.27	056.20	071.96	070.31	048.80	054.28
Polígono 30	022.80	010.93	061.02	056.05	009.47	049.54	046.72	053.65	076.55	067.76	046.25	051.73
Polígono 31	080.19	083.76	111.28	113.44	064.43	026.81	104.12	111.04	033.21	125.15	103.64	109.12
Polígono 32	089.38	092.95	120.46	122.63	073.61	036.00	113.30	120.23	035.63	134.34	112.83	118.30
Polígono 33	092.01	095.58	123.09	125.26	076.25	038.63	115.93	122.86	038.20	136.97	115.46	120.94
Polígono 34	064.53	068.10	095.61	097.78	048.76	011.15	088.45	095.38	017.74	109.49	087.98	093.45
Polígono 35	065.81	069.38	096.90	099.06	050.05	012.43	089.73	096.66	016.99	110.77	089.26	094.74
Polígono 36	068.36	071.93	099.45	101.61	052.60	014.98	092.28	099.21	015.63	113.32	091.81	097.29
Polígono 37	020.08	043.58	044.95	037.95	041.27	071.41	012.32	015.78	098.42	049.66	007.30	033.63
Polígono 38	068.46	072.03	099.54	101.71	052.69	015.08	092.38	099.31	033.17	113.42	091.91	097.38
Polígono 39	066.53	070.09	097.61	099.78	050.76	013.14	090.45	097.38	032.24	111.49	089.97	095.45
Polígono 40	020.51	031.06	029.29	036.83	025.34	055.48	027.50	034.43	082.49	048.54	028.72	024.62
Polígono 41	103.58	107.15	134.66	136.83	087.81	050.20	127.50	134.43	021.42	144.25	127.03	132.50
Polígono 42	117.96	121.53	149.04	151.21	102.20	064.58	141.88	148.81	035.36	162.92	141.41	146.89
Polígono 43	053.94	057.51	085.03	087.19	038.18	000.00	077.86	084.79	027.31	098.90	077.39	082.87
Polígono 44	015.87	026.42	033.95	041.50	020.70	050.84	032.17	039.10	077.85	053.21	032.36	029.28
Polígono 45	017.31	030.04	044.09	050.56	024.32	054.46	041.23	048.16	081.47	062.27	040.75	039.42
Polígono 46	015.31	025.85	034.51	048.56	020.13	050.27	039.23	046.16	077.28	060.27	038.75	029.84
Polígono 47	035.45	053.20	005.68	016.17	047.48	077.62	031.99	032.05	104.63	035.68	040.37	007.77
Polígono 48	033.72	051.48	009.53	019.10	045.75	075.89	026.85	030.92	102.90	038.61	038.64	008.20
Polígono 49	033.80	051.56	009.61	019.19	045.83	075.98	026.93	031.00	102.99	038.69	038.72	008.28
Polígono 50	020.97	018.49	052.05	054.22	010.42	040.57	044.89	051.82	067.58	065.93	044.42	049.89
Polígono 51	019.94	024.67	051.02	053.19	010.10	040.25	043.86	050.79	067.26	064.90	043.39	048.86
Polígono 52	019.14	022.65	050.22	052.39	005.87	036.81	043.06	049.99	063.82	064.10	042.58	048.06
Polígono 53	023.46	027.03	054.54	056.71	007.70	037.26	047.38	054.31	064.27	068.42	046.91	052.38
Polígono 54	023.49	027.06	054.58	056.74	007.74	037.30	047.41	054.34	064.31	068.45	046.94	052.42
Polígono 55	008.25	020.99	040.41	041.50	017.91	048.05	032.17	039.10	075.06	053.21	031.70	037.17
Polígono 56	057.36	060.93	088.45	090.62	041.60	003.70	081.29	088.22	029.97	102.33	080.81	086.29
Polígono 57	066.87	070.44	097.96	100.12	051.11	013.49	090.79	097.72	017.90	111.83	090.32	095.80
Polígono 58	078.37	081.94	109.46	111.62	062.61	024.99	102.29	109.22	036.00	123.33	101.82	107.30
Polígono 59	028.99	052.50	025.54	008.75	050.19	080.33	011.55	011.61	107.34	018.51	025.16	012.69

Tabla 40. Matriz 59x181 de distancias entre cultivos y polígonos

9.2 COORDENADAS GEOGRÁFICAS CULTIVOS DE LA RIBERA DE NAVARRA Y RIBERA ESTELLESA

Municipio	Latitud	Longitud
Ablitas	41.9742012	-1.64087999
Andosilla	42.3768005	-1.94269001
Arguedas	42.1757011	-1.59660006
Azagra	42.309624	-1.895143
Bardenas Reales 1	42.325227	-1.504704
Bardenas Reales 2	42.278624	-1.547045
Bardenas Reales 3	42.248185	-1.607315
Bardenas Reales 4	42.142442	-1.540681
Bardenas Reales 5	42.087686	-1.511489
Barillas	41.971168	-1.662416
Berbinzana	42.5257988	-1.83475006
Buñuel	41.9763985	-1.44657004
Cabanillas	42.03218	-1.525155
Cadreita	42.2159004	-1.68871999
Caparroso	42.3404007	-1.64745998
Cárcar	42.393303	-1.97771
Carcastillo	42.3806	-1.44438004
Cascante	42.0000992	-1.67706001
Castejón	42.1680984	-1.68683004
Cintruénigo	42.0788994	-1.80957997
Corella	42.114716	-1.78732
Cortes	41.922436	-1.420779
Falces	42.3866997	-1.79675996
Fitero	42.0579987	-1.85948002
Fontellas	42.027324	-1.578661
Funes	42.315316	-1.800947
Fustiñana	42.0199013	-1.48887002
Larraza	42.5578995	-1.84979999
Lerín	42.483551	-1.971652
Lodosa	42.4241982	-2.08091998
Marcilla	42.326541	-1.738582
Mélida	42.357949	-1.549152
Mendavia	42.4449005	-2.19366002
Mendigorría	42.6277008	-1.83564997
Milagro	42.240514	-1.764177
Miranda de Arga	42.482399	-1.83072996
Monteagudo	41.962904	-1.692855
Murchante	42.0321999	-1.65483999
Murillo el Cuende	42.3969994	-1.62960005

Peralta	42.338386	-1.799182
Ribaforada	41.9977989	-1.51126003
San Adrián	42.334591	-1.935236
Santacara	42.3758011	-1.55059004
Sartaguda	42.3801003	-2.05765009
Sesma	42.477574	-2.082916
Tudela	42.0564995	-1.60163999
Tulebras	41.9780998	-1.67622995
Valtierra	42.1893005	-1.62872005
Villafranca	42.2789993	-1.74783003

Tabla 41. Coordenadas geográficas de los 49 municipios de la Comunidad Foral de Navarra analizados

9.3 COORDENADAS GEOGRÁFICAS CULTIVOS DE LA RIOJA

Municipio	Latitud	Longitud
Abalos	42.5723023	-2.7101931
Agoncillo	42.4475004	-2.2933205
Aguilar del río Alhama	41.9625217	-1.9936584
Albelda de Iregua	42.3579176	-2.4741454
Alberite	42.4058277	-2.4382558
Alcanadre	42.404996	-2.1217041
Aldeanueva de Ebro	42.2266943	-1.8868324
Alesanco	42.4142701	-2.8160911
Alesón	42.4060264	-2.6890681
Alfaro	42.1772977	-1.7502311
Anguciana	42.5737713	-2.9007452
Anguiano	42.262823	-2.7636693
Arenzana de abajo	42.3849819	-2.7220024
Arenzana de arriba	42.3874835	-2.6940379
Arnedillo	42.2113833	-2.2390425
Arnedo	42.227001	-2.104076
Arrúbal	42.434452	-2.2519623
Ausejo	42.3426617	-2.1683571
Autol	42.2127177	-1.9991648
Azofra	42.4234018	-2.8003493
Badarán	42.3681405	-2.8091095
Bañares	42.4669092	-2.9107298
Baños de Rioja	42.5123119	-2.9453802
Baños de Río Tobía	42.3348623	-2.7618028
Berceo	42.3381922	-2.8521001
Bergasa	42.252856	-2.1321354
Bezares	42.3708301	-2.6704364
Bobadilla	42.3183017	-2.7599364
Briñas	42.6023759	-2.8334038
Briones	42.543695	-2.7845667
Calahorra	42.3073551	-1.9673133
Camprovín	42.3529673	-2.7244889
Canillas de Río Tuerto	42.3986907	-2.8408814
Cañas	42.3924256	-2.8458672
Cárdenas	42.3734832	-2.766158
Casalarreina	42.5471139	-2.9138505
Castañares de Rioja	42.511736	-2.9319541
Cellorigo	42.6272035	-2.9997477

Cenicero	42.4812249	-2.6416668
Cervera del Río Alhama	42.0059071	-1.9551331
Cidamón	42.4950042	-2.8785993
Cihuri	42.567288	-2.923291
Cirueña	42.4117443	-2.8960656
Clavijo	42.347961	-2.42643
Cordovín	42.3852222	-2.814092
Corera	42.3435599	-2.2199984
Cornago	42.064661	-2.0965561
Corporales	42.4319116	-2.995371
Cuzcurrita de Río Tirón	42.5426483	-2.9631019
Daroca de Rioja	42.3709531	-2.5819145
Entrena	42.3881886	-2.5306711
Estollo	42.3283537	-2.8521001
Ezcaray	42.326019	-3.01428
Foncea	42.6151777	-3.03853
Fonzaleche	42.5819263	-3.011942
Fuenmayor	42.4667784	-2.5625672
Galbárruli	42.6222511	-2.9613084
Galilea	42.3477796	-2.2364844
Gimileo	42.5497001	-2.822501
Grañon	42.4491854	-3.0269546
Grávalos	42.108407	-1.9997766
Haro	42.5768716	-2.8502302
Herramélluri	42.5033423	-3.0194477
Hervías	42.4478771	-2.8870198
Hormilla	42.4377676	-2.7742473
Hormilleja	42.4553334	-2.7325711
Hornos de Moncalvillo	42.391219	-2.584826
Huércanos	42.4289375	-2.6954346
Igea	42.0689887	-2.0098735
Lagunilla de Jubera	42.3341222	-2.321675
Lardero	42.4276986	-2.4616508
Leiva	42.5026156	-3.0469787
Leza del Río Leza	42.3290236	-2.4057426
Logroño	42.4627195	-2.4449852
Manjarrés	42.3916044	-2.6754041
Manzanares de Rioja	42.3948965	-2.8945059
Matute	42.2977426	-2.7960332
Medrano	42.3832825	-2.5550854
Murillo de Río Leza	42.3998055	-2.3246454
Muro de Aguas	42.1335908	-2.1112751
Nájera	42.4167413	-2.7294624
Nalda	42.3343684	-2.4870018
Navajún	41.9652902	-2.0993155

Nestares	42.2698898	-2.6195475
Ocón	42.2987705	-2.2439152
Ochánduri	42.5258267	-3.0031868
Ojacastro	42.3466082	-3.0044375
Ollauri	42.5417611	-2.8340269
Pedroso	42.2996214	-2.7176512
Pradejón	42.3334209	-2.0689709
Préjano	42.1866166	-2.1800279
Quel	42.2288956	-2.0497522
Redal	42.340684	-2.2096572
Ribafrecha	42.356976	-2.3884778
Rincón de Soto	42.2324317	-1.8525626
Rodezno	42.5249291	-2.8458672
Sajazarra	42.5881539	-2.9606844
San Asensio	42.4972488	-2.7493615
San Millán de la Cogolla	42.3280438	-2.8645685
San Millán de Yécora	42.5469395	-3.0961357
Santa Coloma	42.3674878	-2.6555363
Santa Engracia del Jubera	42.3013166	-2.3320235
Santo Domingo de la Calzada	42.440194	-2.950022
San Torcuato	42.4821622	-2.889515
Santurde de Rioja	42.3901209	-2.979828
Santurdejo	42.3762046	-2.9531879
San Vicente de la Sonsierra	42.5631748	-2.7593143
Sojuela	42.3712125	-2.5451761
Sorzano	42.3426888	-2.528459
Sotés	42.3993991	-2.6034236
Tirgo	42.5455936	-2.94944
Tormantos	42.4936161	-3.0742124
Torrecilla en Cameros	42.2560874	-2.6307135
Torrecilla sobre Alesanco	42.4086346	-2.8333867
Torremontalbo	42.5015136	-2.6856518
Treviana	42.5576441	-3.0507342
Tricio	42.4022984	-2.7170297
Tudelilla	42.2993233	-2.116796
Uruñuela	42.4442782	-2.7070859
Valdemadera	41.9843241	-2.0741802
Ventosa	42.4038049	-2.6257505
Viguera	42.3084351	-2.5337211
Villalba de Rioja	42.6096052	-2.8870198
Villalobar de Rioja	42.4900316	-2.9656827
Villamediana de Iregua	42.4261346	-2.4196361
Villar de Arnedo	42.3218368	-2.0971693
Villar de Torre	42.3710736	-2.8645685
Villarejo	42.3732693	-2.8873317

Villarroya	42.1315968	-2.0680517
Villarta-Quintana	42.4026078	-3.0476046
Villaverde de Rioja	42.3210711	-2.8106665
Zarrazón	42.5167067	-2.8807822

Tabla 42. Coordenadas geográficas de los 132 municipios analizados en La Rioja